

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
Please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

(43) 国際公開日
2000 年 12 月 28 日 (28.12.2000)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 00/79322 A1

(51) 国際特許分類: G02B 13/00, 13/18,
G11B 7/135, G01B 21/20, C03B 11/08

(21) 国際出願番号: PCT/JP00/04076

(22) 国際出願日: 2000 年 6 月 21 日 (21.06.2000)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願平 11/177177 1999 年 6 月 23 日 (23.06.1999) JP
特願平 11/256686 1999 年 9 月 10 日 (10.09.1999) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電
器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUS-
TRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府門真市
大字門真 1006 番地 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 田中 康弘
(TANAKA, Yasuhiro) [JP/JP]; 〒659-0031 兵庫県芦屋
市新浜町 2-5-303 Hyogo (JP). 山形道弘 (YAMAGATA,
Michihiro) [JP/JP]; 〒536-0011 大阪府大阪市城東区
放出西 1 丁目 2-59-710 Osaka (JP). 笹埜智彦 (SASANO,
Tomohiko) [JP/JP]; 〒564-0001 大阪府吹田市岸部北
3-9-12 Osaka (JP).

(74) 代理人: 池内寛幸, 外 (IKEUCHI, Hiroyuki et al.); 〒
530-0047 大阪府大阪市北区西天満 4 丁目 3 番 25 号 梅
田 プラザビル 401 号室 Osaka (JP).

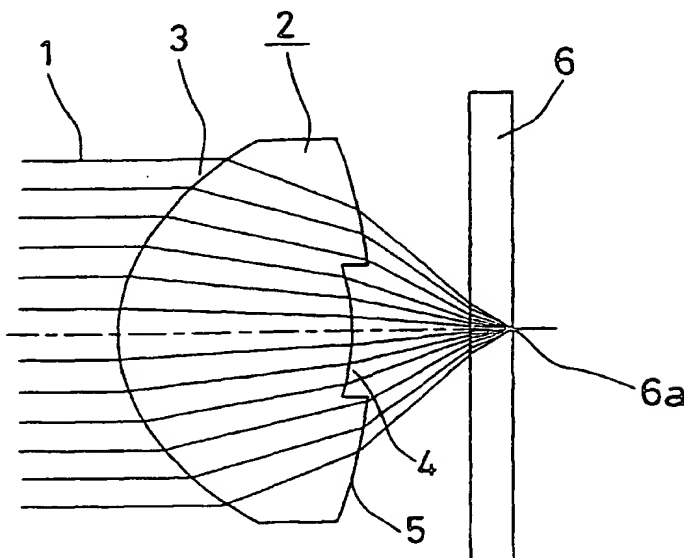
(81) 指定国 (国内): CA, KR, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE,
DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

[続葉有]

(54) Title: OBJECTIVE FOR OPTICAL DISK, OPTICAL HEAD DEVICE AND OPTICAL INFORMATION RECORDING/RE-
PRODUCING APPARATUS BOTH COMPRISING THE SAME, MOLD FOR FORMING LENS, METHOD FOR MACHINING
MOLD FOR FORMING LENS, AND SHAPE MEASURING INSTRUMENT

(54) 発明の名称: 光ディスク用対物レンズ、それを用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置、並びにレンズ
成形用金型、レンズ成形用金型の加工方法及び形状計測装置



(57) Abstract: An objective for an optical disk constituted of a single lens and exhibiting a good light focusing characteristic corresponding to either of the two types of optical disk having different substrate thicknesses. An objective (2) is made up of a single bi-aspherical lens. The face (3) on the light source side is a rotationally-symmetric aspherical surface; the face on the optical disk (6) side is divided into an inner area (4) and an outer area (5). Along the boundary between the inner and outer areas (4, 5), a step

[続葉有]



添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(7) the height of which is about $0.3 \mu\text{m}$ is provided parallel with the optical axis (along the optical axis). The spherical aberration of the objective (2) is corrected by the inner and outer areas (4, 5) correspondingly to an optical disk of any of two types having different substrate thickness.

(57) 要約:

1枚のレンズで構成され、基板厚みの異なる2種類の光ディスクの何れに対してもその光ディスクに応じた良好な集光特性を満足させることのできる光ディスク用対物レンズである。対物レンズ(2)を、両面非球面の単レンズにより構成し、光源側の面(3)を回転対称非球面とする。また、対物レンズ(2)の光ディスク(6)側の面を、内周領域(4)と外周領域(5)とに分け、内周領域(4)と外周領域(5)との境界に光軸にほぼ平行な(光軸方向の) $0.3 \mu\text{m}$ 前後の段差(7)を設ける。そして、対物レンズ(2)の内周領域(4)と外周領域(5)で、基板厚みの異なる光ディスクに対応させて球面収差を補正する。

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2000年12月28日 (28.12.2000)

PCT

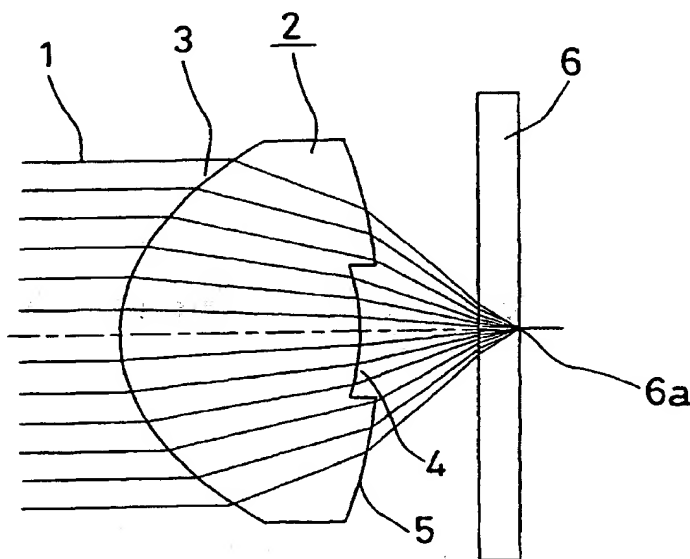
(10) 国際公開番号
WO 00/79322 A1

- (51) 国際特許分類: G02B 13/00, 13/18, G11B 7/135, G01B 21/20, C03B 11/08
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/04076
- (22) 国際出願日: 2000年6月21日 (21.06.2000)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願平11/177177 1999年6月23日 (23.06.1999) JP
特願平11/256686 1999年9月10日 (10.09.1999) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒571-8501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 田中康弘 (TANAKA, Yasuhiro) [JP/JP]; 〒659-0031 兵庫県芦屋市新浜町2-5-303 Hyogo (JP). 山形道弘 (YAMAGATA, Michihiro) [JP/JP]; 〒536-0011 大阪府大阪市城東区放出西1丁目2-59-710 Osaka (JP). 笹埜智彦 (SASANO, Tomohiko) [JP/JP]; 〒564-0001 大阪府吹田市岸部北3-9-12 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 池内寛幸, 外(IKEUCHI, Hiroyuki et al.); 〒530-0047 大阪府大阪市北区西天満4丁目3番25号 梅田プラザビル401号室 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (国内): CA, KR, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

[続葉有]

(54) Title: OBJECTIVE FOR OPTICAL DISK, OPTICAL HEAD DEVICE AND OPTICAL INFORMATION RECORDING/REPRODUCING APPARATUS BOTH COMPRISING THE SAME, MOLD FOR FORMING LENS, METHOD FOR MACHINING MOLD FOR FORMING LENS, AND SHAPE MEASURING INSTRUMENT

(54) 発明の名称: 光ディスク用対物レンズ、それを用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置、並びにレンズ成形用金型、レンズ成形用金型の加工方法及び形状計測装置



(57) Abstract: An objective for an optical disk constituted of a single lens and exhibiting a good light focusing characteristic corresponding to either of the two types of optical disk having different substrate thicknesses. An objective (2) is made up of a single bi-aspherical lens. The face (3) on the light source side is a rotationally-symmetric aspherical surface; the face on the optical disk (6) side is divided into an inner area (4) and an outer area (5). Along the boundary between the inner and outer areas (4, 5), a step

[続葉有]

WO 00/79322 A1



添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(7) the height of which is about $0.3 \mu\text{m}$ is provided parallel with the optical axis (along the optical axis). The spherical aberration of the objective (2) is corrected by the inner and outer areas (4, 5) correspondingly to an optical disk of any of two types having different substrate thickness.

(57) 要約:

1枚のレンズで構成され、基板厚みの異なる2種類の光ディスクの何れに対してもその光ディスクに応じた良好な集光特性を満足させることのできる光ディスク用対物レンズである。対物レンズ(2)を、両面非球面の単レンズにより構成し、光源側の面(3)を回転対称非球面とする。また、対物レンズ(2)の光ディスク(6)側の面を、内周領域(4)と外周領域(5)とに分け、内周領域(4)と外周領域(5)との境界に光軸にほぼ平行な(光軸方向の) $0.3 \mu\text{m}$ 前後の段差(7)を設ける。そして、対物レンズ(2)の内周領域(4)と外周領域(5)で、基板厚みの異なる光ディスクに対応させて球面収差を補正する。

明 細 書

光ディスク用対物レンズ、それを用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置、並びにレンズ成形用金型、レンズ成形用金型の加工方法及び形状計測装置

5 技術分野

- 本発明は、デジタルビデオディスク、デジタルオーディオディスク、コンピュータ用の光メモリディスク等の光ヘッドに用いられる光ディスク用対物レンズに関し、特に、1枚のレンズで構成され、厚みの異なる2種類の光ディスクの何れに対してもその光ディスクに応じた良好な集光特性を満足させることのできる光ディスク用対物レンズ、それを用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置、並びに前記対物レンズを成形するための金型、その金型の加工方法及び形状計測装置に関する。
- 10

背景技術

- 15 一般に、光ディスク用の光ヘッド装置においては、情報媒体面上に回折限界の点像を集光して情報を記録し又は再生するための対物レンズとして、非球面を有する単レンズが多く用いられている。しかし、最近、厚みの異なる光ディスクを互換再生する必要性が増加しており、例えば、ディスク厚みが1.2mmのCD（コンパクトディスク）あるいはCD-ROMとディスク厚みが0.6mmのDVD（デジタルバーサタイルディスク）あるいはDVD-ROMを1つの光ヘッドで読み取ることが要求されている。この場合、ディスク厚みが1.2mmのCDあるいはCD-ROMとディスク厚みが0.6mmのDVDあるいはDVD-ROMに対応する2枚の対物レンズを使用する方法もあるが、光学系を
- 20

より簡素化するためには、1枚のレンズで厚みの異なる2種類の光ディスクに対応できる方が有利である。すなわち、2枚の対物レンズを使用する光ヘッドでは、レンズの切り替え機構が必要となるために、光ヘッドの構成が複雑となり、小型化、低コスト化が困難となる。さらに、その対物レンズもなるべく簡素な構成であることが望まれる。

例えば、特開平8-334690号、特開平9-184975号等の各公報においては、このような目的を達成するための対物レンズとして、レンズ面を2つに分割し、内周部をCDあるいはCD-ROMに適した設計とし、外周部をDVDあるいはDVD-ROMに適した設計とした、いわゆる2ゾーン分割型のレンズが提案されている。以下、従来の対物レンズについて、図28を参照しながら説明する。図28は従来の対物レンズと光ディスクとの関係を示す配置図である。

図28(a)は、厚み0.6mmの光ディスク32に集光したときの、両面非球面对物レンズ33の光路図を示したものである。対物レンズ33の光源側の面は、外周領域34と内周領域35とに分けられている。外周領域34は厚み0.6mmの光ディスク32に対して球面収差が補正されている。一方、内周領域35は厚み0.9mmの光ディスクに対して球面収差が補正されている。内周領域35と外周領域34の境界は、1つの光源の波長655nmに対して厚み1.2mmのディスクを再生するのに必要なNAで決められる。例えば、厚み1.2mmの光ディスクを波長780nm、NA0.45で再生する場合、655nmの光源ではNA0.37程度となる。内周領域35は厚み0.6mmの光ディスクに対して球面収差を持つことになるが、トータルの収差は回折限界といわれている 0.07λ よりも遙かに小さく、厚み0.6mmの光ディスクを再生するには十分な収差に収まる。

図28(b)は、同じ対物レンズ33を用いて厚み1.2mmの光デ

ディスク 36 に集光したときの光路図を示したものである。同じ対物レンズ 33 の内周領域 35 は厚み 0.9 mm の光ディスクに対して最適化されているため、厚み 1.2 mm の光ディスク 36 に対しては収差が小さい。しかし、外周領域 34 は厚み 0.6 mm の光ディスク 32 に対して最適化されているため、厚み 1.2 mm の光ディスク 36 に対しては収差が大きく、集光に寄与しなくなる。従って、外周領域 34 は開口に似た働きもする。

光源が 1 つの場合には、上記条件の下で厚み 0.6 mm、1.2 mm の 2 種類の光ディスクに対して性能を満足させることができる。しかし、厚み 1.2 mm の光ディスクを CD-R のように 780 nm の光源で再生する必要が生じた場合には、波長が長くなるために相対的に NA を上げる必要が生じるため、厚み 0.6 mm の光ディスクに対して発生する収差が大きくなり、集光特性が劣化してしまうという問題があった。

また、図 28 には示されていないが、内周部と外周部との間に段差のある対物レンズを成形するための金型は、段差部を精度良く加工するために、ダイヤモンドバイトを用いた切削加工によって製造されていた。

また、加工した金型を計測評価するための形状計測装置においては、測定値を評価する基準となる設計形状データとして、回転対称非球面が用いられている。ゾーン分割型の対物レンズを計測する場合には、内周部と外周部を分けてそれぞれ別々に計測したり、内周部と外周部の形状を 20 次程度の高次の非球面係数を用いてフィッティングして形状を表現し、測定値をこれと比較したりしていた。

上記ゾーン分割型の対物レンズで、内周部の非球面と外周部の非球面との接続部に段差が与えられている場合、この段差は、設計上では光軸と略平行に設けることが理想とされる。しかし、実際の加工では、段差を加工可能な程度にならせる必要がある。特開平 9-184975 号

公報では、段差部分を滑らかに接続する形状が開示されているが、内周部の非球面と外周部の非球面をほぼ均等にならせた形状であって、バイトを用いた切削加工でなければ加工することができない形状となっている。ここで、バイト切削加工においては、加工することができる金属材料に制約があり、切削性に優れた比較的柔らかい金属でなければ満足5のいく加工精度が得られない。一方、ガラス材料を用いてレンズをプレス成形するためには高温高圧成形が必要であり、金型としては超硬合金（WCを主成分とする焼結体）などのような高硬度の金属材料を用いるのが望ましい。しかし、超硬合金はバイト切削加工によっては加工することができない。つまり、これまでに提案されてきたゾーン分割型の対物10レンズは、実質上樹脂成形を前提とした形状であり、ガラス材料を用いて成形する場合には金型の加工が困難となるものばかりであった。

また、樹脂材料を用いたレンズは温度変化による屈折率の変化が大きいため、例えば、車載用等のような広い温度範囲での動作を保証する必要があるような光ヘッドにおいては、一般にガラス製のレンズが用いら15れていた。ところが、上記したように、ゾーン分割型のDVD/CD互換レンズは、樹脂成形を前提とした設計がなされており、温度特性が著しく悪くなってしまうという問題があった。

また、レンズ成形用の金型を計測評価する形状計測装置においては、20計測した形状と予め保存した設計形状とを比較して加工誤差が計算されるが、設計形状としては、回転対称非球面などのような形状しか入力することができなかった。ゾーン分割型の対物レンズを内周部と外周部とに分けて計測する方法は、レンズ全域を一度に計測する方法ではないため、形状誤差を正確に知ることができないという問題があった。また、25レンズ全体の形状を高次の非球面係数を用いてフィッティングして1つの非球面として表現し、この非球面形状を設計形状として計測する方法で

は、段差の前後でフィッティング誤差が発生するため、十分な計測精度が得られないという問題があった。

発明の開示

- 5 本発明は、従来技術における前記課題を解決するためになされたものであり、1枚のレンズで構成され、基板厚みの異なる2種類の光ディスクの何れに対してもその光ディスクに応じた良好な集光特性を満足させることのできる光ディスク用対物レンズ、並びにそれを用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置を提供することを目的とする。また、本
- 10 発明は、ガラス材料を用い、かつ、生産性に優れたゾーン分割型の対物レンズを提供することを目的とする。さらに、本発明は、ガラス材料の成形に耐えることのできる超硬合金を用いたゾーン分割型の対物レンズ用の金型及びその加工方法を提供することを目的とする。また、本発明は、ゾーン分割型の対物レンズ用の金型を正確に形状評価することので
- 15 きる形状計測装置を提供することを目的とする。

- 前記目的を達成するため、本発明に係る光ディスク用対物レンズの第1の構成は、両面非球面の単レンズからなり、厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、少なくとも一方の非球面が、光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内周領域よりも外側の外周領域の2つの領域からなり、
- 20 前記外周領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のうち厚みの小さい第1の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記内周領域の非球面形状は、厚みの大きい第2の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記外周領域と内周領域との境界は光
- 25 軸方向に段差をもって接しており、下記式(1)～(4)の関係を満足することを特徴とする。

$$t_1 < t_2 \quad (1)$$

$$0.05 < TW < 0.12 \quad (2)$$

$$0.38 < NA_1 < 0.46 \quad (3)$$

$$0.1 < p(n-1)/\lambda < 0.6 \quad (4)$$

5 但し、

t_1 : 第1の光ディスク基板の厚み

t_2 : 第2の光ディスク基板の厚み

NA_1 : 内周領域の開口における対物レンズのNA

10 TW : 第1の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差 (単位は $\lambda : rms$)

n : 第1の光ディスクを再生するときの光源の波長における対物レンズの屈折率

p : 内周領域と外周領域の光軸方向の段差

λ : 第1の光ディスクを再生するときの光源の波長

15 この光ディスク用対物レンズの第1の構成によれば、1枚のレンズで、第1の光ディスクに対しても、第2の光ディスクに対しても良好な集光スポットを得ることができ、その結果、良好な記録再生特性を得ることができる。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第1の構成においては、
20 第1の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差の3次の球面収差成分 S_3 が略0であるのが好ましい。この好ましい例によれば、光ディスクの基板厚み誤差に対して性能の劣化を最小限に抑えることができる。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第1の構成においては、
25 第1の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差の5次の球面収差成分 S_5 (単位は $\lambda : rms$) が下記式(5)の関係を満足するのが

好ましい。

$$-0.03 < S5 < 0.03 \quad (5)$$

- この好ましい例によれば、第1の光ディスクを再生するときの集光特性、特にエアリーリングのピーク強度を抑えることができ、その結果、
- 5 光ディスクの再生特性の劣化を防止することができる。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第1の構成においては、内周領域の非球面形状を、光ディスク基板の厚み t_3 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_3 が下記式 (6) の関係を満足するのが好ましい。

10 $0.8 < t_3 < 1.2 \quad (6)$

- この好ましい例によれば、第1の光ディスクに対しては集光スポットの劣化を抑え、第2の光ディスクに対しては第1の光ディスクよりも低い記録密度とすることにより、第2の光ディスクでの光ディスク傾きによってコマ収差の影響を低減して、球面収差以外のスポットの劣化要因
- 15 を抑えることができる。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第1の構成においては、内周領域と外周領域の段差が断面円弧状であるのが好ましい。この好ましい例によれば、バイトや砥石等を用いて容易に加工することができる。

- また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第1の構成においては、
- 20 ガラス成形又は樹脂成形によって作製されるのが好ましい。この好ましい例によれば、非球面形状を型に加工しておくことにより、同一の形状及び性能を有するレンズを、安価に量産することが可能となる。

- また、本発明に係る光ディスク用対物レンズの第2の構成は、両面非球面の単レンズからなり、厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板
- 25 を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、少なくとも一方の非球面が、光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内

周領域よりも外側で前記円形開口よりも外側の別の円形開口に囲まれた中間領域と前記中間領域よりも外側の外周領域の3つの領域からなり、前記内周領域と外周領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のうち厚みの小さい第1の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記中間領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のいずれよりも厚みの大きい光ディスク基板に対して球面収差を補正し、下記式(7)、(8)の関係を満足することを特徴とする。

$$0.35 < NA2 < 0.43 \quad (7)$$

$$0.03 < NA3 - NA2 < 0.1 \quad (8)$$

但し、

NA2：内周領域と中間領域との境界における対物レンズのNA

NA3：中間領域と外周領域との境界における対物レンズのNA

この光ディスク用対物レンズの第2の構成によれば、1枚のレンズで、第1の光ディスクに対しても、第2の光ディスクに対しても良好な集光スポットを得ることができ、その結果、良好な記録再生特性を得ることができる。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第2の構成においては、中間領域の非球面形状を、光ディスク基板の厚み t_4 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_4 が下記式(9)の関係を満足するのが好ましい。

$$1.4 < t_4 < 2.0 \quad (9)$$

この好ましい例によれば、第2の光ディスクに対する収差を良好に補正することができる。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第2の構成においては、内周領域と中間領域との境界あるいは中間領域と外周領域との境界のい

ずれか一方が段差なしに接続されているのが好ましい。この好ましい例によれば、レンズの加工時に生じる無効部分を減らして光量を確保することができると共に、集光特性の劣化を抑えることができる。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第2の構成においては、
5 内周領域と中間領域の段差あるいは中間領域と外周領域の段差が断面円弧状であるのが好ましい。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第2の構成においては、ガラス成形又は樹脂成形によって作製されているのが好ましい。

また、本発明に係る光ディスク用対物レンズの第3の構成は、両面非
10 球面の単レンズからなり、厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、少なくとも一方の非球面が、光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内周領域よりも外側で前記円形開口よりも外側の別の円形開口に囲まれた中間領域と前記中間領域よりも外側の外周領域の3つの領域からなり、
15 前記内周領域と外周領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のうち厚みの小さい第1の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記中間領域の非球面形状を、光ディスク基板の厚み t_5 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_5 が下記式(10)の関係を満足し、前記外周領域は前記内周領域に対して光
20 軸方向に波長の整数倍の光路長に相当する段差をもって形成されており、下記式(11)～(13)の関係を満足することを特徴とする。

$$1. \quad 0 < t_5 < 1.4 \quad (10)$$

$$t_1 < t_2 \quad (11)$$

$$0.35 < NA_2 < 0.43 \quad (12)$$

$$25 \quad 0.03 < NA_3 - NA_2 < 0.1 \quad (13)$$

但し、

t_1 : 第1の光ディスク基板の厚み

t_2 : 第2の光ディスク基板の厚み

NA2 : 内周領域と中間領域との境界における対物レンズのNA

NA3 : 中間領域と外周領域との境界における対物レンズのNA

- 5 この光ディスク用対物レンズの第3の構成によれば、1枚のレンズで、第1の光ディスクに対しても、第2の光ディスクに対しても良好な集光スポットを得ることができ、その結果、良好な記録再生特性を得ることができる。

- 10 また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第3の構成においては、第2の光ディスク基板を通して集光するときの内周領域と中間領域のそれぞれの波面収差が最小になる焦点位置が等しいのが好ましい。この好ましい例によれば、情報媒体面で反射した光が受光素子に入射したとき、内周領域と中間領域で同じ位置に戻ってくるので、正確な信号光を得ることができる。

- 15 また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第3の構成においては、第2の光ディスク基板を通して集光するときの内周領域と中間領域の範囲における波面収差の3次の球面収差成分 S_3 が略0であるのが好ましい。この好ましい例によれば、第2の光ディスクを良好に記録再生することができる。

- 20 また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第3の構成においては、内周領域と中間領域との境界が段差なしに接続されているのが好ましい。

- また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第3の構成においては、中間領域と外周領域との境界が前記中間領域と前記外周領域の形状の交点に設定されているのが好ましい。また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第3の構成においては、内周領域と中間領域との境界及び中
25 間領域と外周領域との境界のいずれも段差なしに接続されているのが好

ましい。このように中間領域と外周領域との境界が中間領域と外周領域の形状の交点に設定され、内周領域と中間領域との境界及び中間領域と外周領域との境界のいずれも段差なしに接続されているという好ましい例によれば、非球面形状から段差をなくして、加工を容易にすることができると共に、面形状から無効部分をなくして、光量の損失を抑制することができる。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第3の構成においては、ガラス成形又は樹脂成形によって作製されているのが好ましい。

10 以上のように、本発明の光ディスク用対物レンズの第1～第3の構成は、単レンズの収差補正を、2つの光ディスクの基板厚みに対してそれぞれ必要な集光性能が得られるように設計したものである。光ディスクの基板厚みが小さく、NAが高い方のレンズの収差において、トータルの収差は基板厚みの大きい光ディスクでの収差を考慮する必要があるために従来よりも大きい値となるが、外周領域と内周領域で設計形状を変え
15 ると共に、外周領域と内周領域との境界に光軸方向の段差を持たせることにより、高密度に記録された光ディスク側でのスポットの形状を良好に保つことができる。また、光ディスクの基板厚みが大きく、記録密度及びNAが低い方のレンズの収差においては、必要な開口内の収差を十分小さく抑えると共に、必要な開口の外側での収差を急激に悪化させることにより、絞りを設けたのと同様の効果を持たせることができる。
20 その結果、安定した性能で情報を記録し、又は情報を再生することができる。

また、本発明に係る光ヘッド装置の第1の構成は、2つの光源と、前記2つの光源から出射した光線をそれぞれの光源に対応した厚みの第1
25 及び第2の光ディスク基板を通して情報媒体面上に集光する集光手段と、前記情報媒体で変調された光束を分離するための光束分離手段と、前記

情報媒体で変調された光を受光する受光手段とを備えた光ヘッド装置であって、前記集光手段が前記本発明の光ディスク用対物レンズの第1～第3の構成であることを特徴とする。

また、本発明に係る光学情報記録再生装置の構成は、光ヘッド装置を用いて、厚さの異なる第1及び第2の光ディスク基板の情報媒体面上に情報を記録し、あるいは前記情報媒体面上に記録された情報を再生する光学情報記録再生装置であって、前記光ヘッド装置として前記本発明の光ヘッド装置の第1の構成を用いることを特徴とする。

この光ヘッド装置の第1の構成及び光学情報記録再生装置の構成によれば、異なる基板厚さの2種類の光ディスクに対し、1つの対物レンズで記録再生を行うことができるので、安価な光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置を実現することができる。また、いずれの光ディスクに対してもそれぞれの光ディスクの状態に適した収差内容を対物レンズの開口に応じて持たせることにより、1つの対物レンズで、異なる2種類の光ディスクに対し、良好な記録、再生、消去性能を得ることができる。

また、本発明に係る光ディスク用対物レンズの第4の構成は、ガラス製の単レンズからなり、厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、少なくとも1つの面が、光軸を中心とする同心円によって少なくとも3つの領域に分割され、前記3つの領域のうち、光軸を含む第1の領域と、最も外周部の第2の領域とが回転対称非球面であり、前記第1の領域と前記第2の領域とに挟まれる前記第3の領域が光軸を回転中心軸とするトーリック面であることを特徴とする。この光ディスク用対物レンズの第4の構成によれば、鋭利な段差を有する従来の2ゾーン分割型の対物レンズに比べて種々の利点を有する。すなわち、従来の対物レンズは、鋭利な段差を有していたため、ダイヤモンドバイトを用いて金型を加工せねばなら

ず、結果として、成形できる材料が限定されていたが、この光ディスク用対物レンズの第4の構成によれば、段差部分が光軸を回転中心軸とするトーリック面によって構成されているため、金型を砥石で加工することが可能となり、高温高压成形が必要なガラス材料を用いてレンズを構成することができる。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第4の構成においては、トーリック面である第3の領域が、前記第2の領域と接し、前記第1の領域と交差するのが好ましい。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第4の構成においては、第1の領域と第2の領域の非球面係数が異なるのが好ましい。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第4の構成においては、レンズの中心曲率半径の大きい側の面にトーリック面が設けられているのが好ましい。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第4の構成においては、第3の領域が、下記式(14)を満足する半径Rの円弧を光軸を中心として回転させて得られるトーリック面であるのが好ましい。

$$0.7\text{ mm} < R < 2.5\text{ mm} \quad (14)$$

Rが0.7 mm以下の場合には、研削加工によって金型を加工することができなくなるため、レンズの製造が困難となる。一方、Rが2.5 mm以上の場合には、円弧部分の幅が広くなり過ぎてレンズの性能を悪化させてしまう。

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第4の構成においては、第3の領域が、下記式(15)を満足する半径Rの円弧を光軸を中心として回転させて得られるトーリック面であるのが好ましい。

$$1.6\text{ mm} < R < 2.1\text{ mm} \quad (15)$$

また、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第4の構成においては、

第3の領域の幅 w が下記式(16)を満足するのが好ましい。

$$0.02\text{ mm} < w < 0.04\text{ mm} \quad (16)$$

w が 0.02 mm 以下の場合には、砥石によって加工することができない形状となり、レンズの製造が困難となる。一方、 w が 0.04 mm 以上の場合には、実際に得られるレンズ形状と理想的な設計形状との差が大きくなり過ぎて、レンズの性能が満足に発揮されなくなる。

また、本発明に係る光ヘッド装置の第2の構成は、第1の波長の光を射出する第1の光源と、前記第1の波長とは異なる第2の波長の光を射出する第2の光源と、前記第1及び第2の光源からの射出光束を情報記録媒体に集光する集光手段と、前記情報記録媒体からの反射光のうち、第1の波長の光を受光するための第1の受光手段と、第2の波長の光を受光するための第2の受光手段とを備えた光ヘッド装置であって、前記集光手段が前記本発明の光ディスク用対物レンズの第4の構成であることを特徴とする。この光ヘッド装置の第2の構成によれば、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第4の構成を用いているため、従来のゾーン分割型の対物レンズを用いた光ヘッド装置に比べて下記の利点を有する。すなわち、前記本発明の光ディスク用対物レンズの第4の構成は、温度変化による収差劣化が少ないガラス材料を用いた対物レンズであるため、例えば、車載環境のような広い温度条件で動作保証が必要な光ヘッド装置を実現することが可能となる。また、上記したように、従来の対物レンズに比べて金型の生産コストを低く抑えることが可能な上、金型の寿命も長くなることが予想され、結果として、対物レンズの生産コスト、ひいては光ヘッド装置の生産コストを低減することが可能となる。

また、本発明に係るレンズ成形用金型の構成は、超硬合金を研削加工して製造されるレンズ成形用の金型であって、レンズ成形面が光軸を中心とする同心円によって少なくとも3つの領域に分割され、前記3つの

領域のうち、前記光軸を含む第 1 の領域と、最も外周部の第 2 の領域とが回転対称非球面であり、前記第 1 の領域と前記第 2 の領域とに挟まれる第 3 の領域が光軸を回転中心軸とするトーリック面であることを特徴とする。このレンズ成形用金型の構成によれば、段差部分が光軸を回転中心軸とするトーリック面で構成されているため、従来の 2 ゾーン分割型のレンズ成形用金型に比べて種々の利点を有する。すなわち、砥石を用いた研削加工による製造が可能となり、ガラス材料の成形に適した超硬素材を型材料として用いることができる。また、有効径内に頂点曲率半径の小さい起伏を有していないため、500 μ m 程度の先端曲率半径を有するプローブを用いて高精度な形状計測を行うことが可能となる。

また、前記本発明のレンズ成形用金型の構成においては、光軸を回転中心とするトーリック面の曲率半径 R が下記式 (17) を満足するのが好ましい。

$$0.7 \text{ mm} < R < 2.5 \text{ mm} \quad (17)$$

また、前記本発明のレンズ成形用金型の構成においては、光軸を回転中心とするトーリック面の曲率半径 R が下記式 (18) を満足するのが好ましい。

$$1.6 \text{ mm} < R < 2.1 \text{ mm} \quad (18)$$

上記曲率半径 R と同一又はこれよりも小さい半径の砥石を用いれば、研削加工することが可能となる。従って、金型の材料として、高融点のガラス材料を高圧成形することが可能な超硬合金（例えば、WC を主成分とする焼結体）を用いることができる。

また、本発明に係るレンズ成形用金型の加工方法は、レンズ成形面が光軸を中心とする同心円によって少なくとも 3 つの領域に分割され、前記 3 つの領域のうち、前記光軸を含む第 1 の領域と、最も外周部の第 2 の領域とが回転対称非球面であり、前記第 1 の領域と前記第 2 の領域と

に挟まれる第3の領域が光軸を回転中心軸とするトーリック面であるレンズ成形用金型をダイヤモンド砥石を用いて研削加工するレンズ成形用金型の加工方法であって、研削加工に用いる前記ダイヤモンド砥石の半径が前記トーリック面の曲率半径と同一かこれよりも小さいことを特徴とする。このレンズ成形用金型の加工方法によれば、ダイヤモンド砥石を用いた研削加工であるため、超硬合金を材料とした2ゾーン分割型のレンズ成形用金型を製造することが可能となる。

また、前記本発明のレンズ成形用金型の加工方法においては、ダイヤモンド砥石の半径Rが下記式(19)を満足するのが好ましい。

$$0.7\text{ mm} < R < 2.5\text{ mm} \quad (19)$$

Rが0.7 mm以下の場合には、砥石の軸径が細くなり過ぎるために、加工面の形状精度が悪くなる。一方、Rが2.5 mm以上の場合には、トーリック面領域(接続領域)が広くなり、成形されたレンズの収差が設計値から大きくずれてしまう。

また、前記本発明のレンズ成形用金型の加工方法においては、ダイヤモンド砥石の半径Rが下記式(20)を満足するのが好ましい。

$$1.6\text{ mm} < R < 2.1\text{ mm} \quad (20)$$

砥石の半径Rがこの範囲内にあるときに、トーリック面領域の幅を小さくすることと、砥石の軸径を強度が十分な太さに保つこととを良好に両立させることができる。

また、本発明に係る形状計測装置の構成は、精密ステージと、前記精密ステージの制御装置と、測長手段と、設計形状データの入力手段と、前記設計形状データと測定データとの差を出力する手段とを備えた形状計測装置であって、前記設計形状データとして、光軸中心から半径 h_1 未満の領域においては第1の回転対称非球面を用い、半径 h_2 以上の領域においては第2の回転対称非球面を用い、半径 h_1 と半径 h_2 との間

の領域においては光軸を回転対称軸とするトーリック面を用いることを特徴とする。この形状計測装置の構成によれば、レンズ形状の設計式として、内周部非球面と、外周部非球面と、その中間領域の光軸を回転中心軸とするトーリック面との3つを用いて1つの面形状を表現することが可能となるため、従来の形状評価装置に比べて種々の利点を有する。

すなわち、面形状を高次の多項式を用いてフィッティングした場合には必ずフィッティング誤差が発生し、特に段差形状を有する場合には段差の前後でフィッティング結果が振動するために誤差が大きくなり、測定精度が低下するが、本発明の形状計測装置の構成によれば、設計形状に忠実に計測することが可能となるため、測定精度を大きく向上させることができる。

図面の簡単な説明

図1は本発明の第1の実施の形態における光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図、図2は本発明の第1の実施の形態における光ディスク用対物レンズの光ディスク側の面の形状を示す構成図、図3は本発明の第1の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例1の収差図、図4は本発明の第1の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例1の点像強度分布を示すグラフ、図5は本発明の第1の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例2の収差図、図6は本発明の第1の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例2の点像強度分布を示すグラフ、図7本発明の第1の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例3の収差図、図8は本発明の第1の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例3の点像強度分布を示すグラフ、図9は本発明の第1の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例4の収差図、図10は本発明の第

1の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例4の点像強度分布を示すグラフ、図11は本発明の第2の実施の形態における光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図、図12は本発明の第2の実施の形態における光ディスク用対物レンズの光ディスク側の面の形状を示す構成図、図13は本発明の第2の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例5の収差図、図14は本発明の第2の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例5の点像強度分布を示すグラフ、図15は本発明の第3の実施の形態における光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図、図16は本発明の第3の実施の形態における光ディスク用対物レンズの光ディスク側の面の形状を示す構成図、図17は本発明の第3の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例6の収差図、図18は本発明の第3の実施の形態における光ディスク用対物レンズの実施例6の点像強度分布を示すグラフ、図19は本発明の第4の実施の形態における光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置を示す構成図、図20は本発明の第5の実施の形態における光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図、図21は図20のトーリック面領域106の近傍部分（A部）を拡大して示した半径方向断面図、図22は本発明の第5の実施の形態における実際にレンズ形状を計算して得られた対物レンズの一例のトーリック面領域の近傍部分の半径方向拡大断面図、図23は本発明の第5の実施の形態における対物レンズを用いたときの、DVD再生時及びCD再生時の収差曲線図、図24は本発明の第6の実施の形態におけるレンズ成形用金型を示す半径方向断面図、図25は本発明の第7の実施の形態における金型の加工方法を示す概略図、図26は本発明の第8の実施の形態における形状計測装置の構成図、図27は本発明の第9の実施の形態における光ヘッド装置を示す構成図、図28は

従来の光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図である。

発明を実施するための最良の形態

5 以下、実施の形態を用いて本発明をさらに具体的に説明する。

[第 1 の実施の形態]

図１は本発明の第１の実施の形態における光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図である。

図 1 に示すように、本実施の形態の対物レンズ 2 は、両面非球面の単
10 レンズからなり、光源側の面 3 は回転対称非球面である。また、対物レ
ンズ 2 の光ディスク 6 側の面は、内周領域 4 と外周領域 5 とに分けられ
ている。そして、入射光線 1 は、対物レンズ 2 に入射した後、対物レン
ズ 2 によって光ディスク 6 の情報媒体面 6 a に集光される。

再生あるいは記録すべき光ディスク6としては、基材の厚みが0.6 mmの第1の光ディスクと、基材の厚みが1.2 mmの第2の光ディスクとが用意されている。

第1の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差（単位は $m\lambda$: rms ）をTWとしたとき、TWは下記式（2）の関係を満足するのが望ましい。

$$0.05 < TW < 0.12 \quad (2)$$

TWが0.05以下の場合には、第2の光ディスクを再生するときの所望の開口内での収差が悪くなり過ぎるため、満足な集光特性が得られなくなる。一方、TWが0.12以上の場合には、第1の光ディスクでの収差が悪くなり過ぎて、同様に満足な集光特性が得られなくなる。

25 また、内周領域 4 の開口における対物レンズ 6 の NA を NA 1 とした
 とき、NA 1 は下記式 (3) の関係を満足するのが望ましい。

$$0.38 < NA1 < 0.46 \quad (3)$$

NA1が0.38以下の場合には、第2の光ディスクを再生するときの開口が小さくなり過ぎて、スポット径が大きくなり過ぎてしまう。一方、NA1が0.46以上の場合には、第1の光ディスクでの収差が上記式(2)の上限を超えないと、第2の光ディスクでの収差を満足することができず、その結果、第1の光ディスクでの収差が悪化してしまう。

また、第1の光ディスクを再生するときの光源の波長における対物レンズ2の屈折率をn、内周領域4と外周領域5の光軸方向の段差をp、第1の光ディスクを再生するときの光源の波長をλとしたとき、 $p(n-1)/\lambda$ は下記式(4)の関係を満足するのが望ましい。

$$0.1 < p(n-1)/\lambda < 0.6 \quad (4)$$

$p(n-1)/\lambda$ が0.1以下の場合あるいは0.6以上の場合には、第1の光ディスクを再生するときの集光特性、特に、エアリーリングのピーク強度が高くなり過ぎて、光ディスク6の再生特性が劣化してしまう。

また、第1の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差の5次の球面収差成分をS5(単位はλ: rms)としたとき、S5は下記式(5)の関係を満足するのが望ましい。

$$-0.03 < S5 < 0.03 \quad (5)$$

S5が-0.03以下の場合あるいは0.03以上の場合には、上記式(4)の場合と同様に、第1の光ディスクを再生するときの集光特性、特に、エアリーリングのピーク強度が高くなり過ぎて、光ディスク6の再生特性が劣化してしまう。

また、内周領域4の非球面形状を、光ディスク6の厚みt3に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、t3は下記式(6)の関係を満足するのが望ましい。

$$0.8 < t_3 < 1.2 \quad (6)$$

t_3 が0.8以下の場合には、第2の光ディスクに対する収差補正が不足してしまう。一方、 t_3 が1.2以上の場合には、第1の光ディスクに対する収差が悪化してしまう。

- 5 図2は本発明の第1の実施の形態における対物レンズの光ディスク側の面の形状を示す構成図である。図2に示すように、対物レンズ2の光ディスク6側の面（図1参照）には、内周領域4と外周領域5との境界に光軸にほぼ平行な（光軸方向の）段差7が設けられている。図2においては、分かり易くするために、段差7が実際よりも強調して描かれているが、実際の段差7は0.3 μm 前後である。このような形状は理想的であるが、例えば、対物レンズ2をガラス成形で作製する場合、その型は超硬のような非常に硬い物であり、砥石による研削加工が必要となる。従って、内周領域4と外周領域5との境界における段差7は、例えば、円弧形状のような形状8になってしまう。しかし、実際の形状8と
- 10 理想的な形状とが異なる領域は、例えば、砥石の半径が2 mmの場合、半径方向でせいぜい35 μm 程度である。これは、レンズの全有効径（約4 mm）に対して十分に小さく、レンズ性能にはほとんど影響を与えない。
- 15

- 次に、本実施の形態における光ディスク用対物レンズ2の具体的な数値例を示す。尚、以下の各実施例において、以下に示す符号は共通とする。但し、対物レンズ2の第1面は光源側の面、第2面は光ディスク6側の面とする。また、光ディスク6は平行平板とする。さらに、第1の光ディスクに集光する第1の光源の波長を655 nm、第2の光ディスクに集光する第2の光源の波長を800 nmとした。また、第1の光ディスクの第1の光源における屈折率を1.578353、第2の光ディスクの第2の光源における屈折率を1.57153とした。
- 20
- 25

- f_1 : 第 1 の光源における対物レンズの焦点距離
 WD_1 : 第 1 の光ディスクに対する対物レンズの作動距離
 n_1 : 第 1 の光源における対物レンズの屈折率
 d : 対物レンズのレンズ厚み
5 t_1 : 第 1 の光ディスク基板の厚み
 t_2 : 第 2 の光ディスク基板の厚み
 t_3 : 内周領域の非球面形状を球面収差が 0 となるように最適化するときの光ディスク基板の厚み
 NA : 対物レンズの NA
10 NA_1 : 内周領域の開口における対物レンズの NA
 f_2 : 第 2 の光源における対物レンズの焦点距離
 WD_2 : 第 2 の光ディスクに対する対物レンズの作動距離
 n_2 : 第 2 の光源における対物レンズの屈折率
 TW : 第 1 の光源によって第 1 の光ディスクに集光した場合の波面収
15 差 (単位は λ (波長) : rms)
 p : 内周領域と外周領域の光軸方向の段差
 S_3 : 第 1 の光源によって第 1 の光ディスクに集光した場合の波面収
差の 3 次の球面収差成分 (単位は λ (波長) : rms)
 S_5 : 第 1 の光源によって第 1 の光ディスクに集光した場合の波面収
20 差の 5 次の球面収差成分 (単位は λ (波長) : rms)
また、非球面形状は、下記式 (21) によって与えられる。

$$x = \frac{C_j h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + K_j) C_j^2 h^2}} + \sum A_{j,n} h^n \quad (21)$$

- 25 上記式 (21) における各符号の意味は以下の通りである。
 h : 光軸からの高さ

X : 光軸からの高さが h の非球面上の点の非球面頂点の接平面からの距離

C_j : 対物レンズの第 j 面の非球面頂点の曲率 ($C_j = 1/R_j$)

K_j : 対物レンズの第 j 面の円錐定数

5 $A_{j,n}$: 対物レンズの第 j 面の n 次の非球面係数

但し、 $j = 1, 2$

(実施例 1)

以下に、実施例 1 の具体的数値を示す。

$$f_1 = 3.3142$$

10 $WD_1 = 1.891$

$$n_1 = 1.602892$$

$$d = 1.8$$

$$t_1 = 0.6$$

$$t_2 = 1.2$$

15 $t_3 = 1.1$

$$NA = 0.6$$

$$NA_1 = 0.42$$

$$f_2 = 3.3384$$

$$WD_2 = 1.521$$

20 $n_2 = 1.59842$

第 1 面のレンズ形状パラメータは以下の通りである。

$$R_1 = 2.1700$$

$$K_1 = -6.72993 \times 10^{-1}$$

$$A_{1,4} = 2.08530 \times 10^{-3}$$

25 $A_{1,6} = 7.99262 \times 10^{-5}$

$$A_{1,8} = -7.79741 \times 10^{-7}$$

$$A_{1,10} = -7.00341 \times 10^{-6}$$

第2面の内周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

$$R_2 = -17.3537$$

$$K_2 = -3.61277 \times 10$$

$$5 \quad A_{2,4} = 4.06605 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -1.06794 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,8} = 9.75688 \times 10^{-5}$$

$$A_{2,10} = -2.01568 \times 10^{-6}$$

第2面の外周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

$$10 \quad R_2 = -16.46001$$

$$K_2 = -7.90807 \times 10$$

$$A_{2,4} = 4.57207 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -1.35987 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,8} = 1.72647 \times 10^{-4}$$

$$15 \quad A_{2,10} = -8.80573 \times 10^{-6}$$

その他のレンズパラメータは以下の通りである。

$$TW = 0.112$$

$$p = 0.00059274$$

$$p(n1-1)/\lambda = 0.545$$

$$20 \quad S3 = 0.0125$$

$$S5 = 0.0231$$

図3に、本実施例の収差図を示す。図3(a)には第1の光源と第1の光ディスクに対する光路長収差を示しており、図3(b)には第2の光源と第2の光ディスクに対する光路長収差を示している。また、図4
25 に、第1の光ディスクに集光されたスポットの断面強度分布を示す。他のスポットの断面強度分布の計算においても同様に、入射光線の光量分

布は一様であるとした。尚、図 4 中の破線は波面収差が 0 の波面における理想的な点像強度分布を示している。また、計算された点像の最大ピークを 1 に正規化して示している。図 4 においては、特に光ディスクの性能に大きな影響を及ぼすエアリーリング付近の点像強度分布を拡大して示している。以上のことは、以下の実施例 2 ～ 6 についても同様である。

第 1 の光ディスク基板の厚みは 0.6 mm であり、第 1 の光ディスクは、NA 0.6 の対物レンズ 2 を用いて再生するのが望ましい。図 3 (a) から分かるように、第 1 の光源と第 1 の光ディスクに対する光路長収差は $\pm 0.25 \lambda$ 程度であり、波面収差は $0.112 \lambda : \text{rms}$ にも達している。しかし、図 4 に示したスポットの断面強度分布から明らかなように、収差のない理想的なスポットの形状とほとんど差がなく、光ディスク 6 の性能上問題なく再生あるいは記録が可能となる。

また、第 2 の光ディスクは、NA が 0.45 前後の対物レンズ 2 を用いて再生するのが望ましいが、図 3 (b) に示すように、第 2 の光源と第 2 の光ディスクに対する光路長収差は、NA 0.42 以内では非常に小さく、それ以上の NA では急激に大きくなっていくことが分かる。光路長収差が非常に大きい場合には、光ディスク 6 の情報媒体面上で反射した光線が受光素子上に戻ってこないため、結果として対物レンズ 2 に開口を設けたことと同じになり、厚みが 1.2 mm の光ディスク 6 に対しても、対物レンズ 2 に新たに開口を設けることなく良好に再生あるいは記録を行うことが可能となる。

(実施例 2)

以下に、実施例 2 の具体的数値を示す。

$$f_1 = 3.3142$$

$$\text{WD}_1 = 1.890$$

$n_1 = 1.602892$
 $d = 1.8$
 $t_1 = 0.6$
 $t_2 = 1.2$
5 $t_3 = 1.0$
 $NA = 0.6$
 $NA_1 = 0.42$
 $f_2 = 3.3384$
 $WD_2 = 1.540$
10 $n_2 = 1.59842$

第1面のレンズ形状パラメータ、並びに第2面の内周領域及び外周領域におけるレンズ形状パラメータは、上記実施例1と同じである。

その他のレンズパラメータは以下の通りである。

$TW = 0.0743$
15 $p = 0.00030266$
 $p(n_1 - 1)/\lambda = 0.279$
 $S_3 = 0.0025$
 $S_5 = -0.011$

20 図5に、本実施例の収差図を示す。図5(a)には第1の光源と第1の光ディスクに対する光路長収差を示しており、図5(b)には第2の光源と第2の光ディスクに対する光路長収差を示している。また、図6に、第1の光ディスクに集光されたスポットの断面強度分布を示す。

25 第1の光ディスク基板の厚みは0.6mmであり、第1の光ディスクは、NA0.6の対物レンズ2を用いて再生するのが望ましい。図5(a)から分かるように、第1の光源と第1の光ディスクに対する光路長収差は最大で約 -0.4λ 程度であり、波面収差は 0.074λ : r

ms である。しかし、図 6 に示したスポットの断面強度分布から明らか
なように、収差のない理想的なスポットの形状とほとんど差がなく、光
ディスク 6 の性能上問題なく再生あるいは記録が可能となる。

また、第 2 の光ディスクは、NA が 0.45 前後の対物レンズ 2 を用
5 いて再生するのが望ましいが、図 5 (b) に示すように、第 2 の光源と
第 2 の光ディスクに対する光路長収差は、NA 0.42 以内では非常に
小さく、それ以上の NA では急激に大きくなっていくことが分かる。従
って、上記実施例 1 と同様に、対物レンズ 2 に開口を設けたことと同じ
10 になり、厚みが 1.2 mm の光ディスク 6 に対しても、対物レンズ 2 に
新たに開口を設けることなく良好に再生あるいは記録を行うことが可能
となる。

(実施例 3)

以下に、実施例 3 の具体的数値を示す。

$f_1 = 3.3128$
15 $WD_1 = 1.890$
 $n_1 = 1.602892$
 $d = 1.8$
 $t_1 = 0.6$
 $t_2 = 1.2$
20 $t_3 = 1.0$
 $NA = 0.6$
 $NA_1 = 0.44$
 $f_2 = 3.3370$
 $WD_2 = 1.541$
25 $n_2 = 1.59842$

第 1 面のレンズ形状パラメータは以下の通りである。

$$R_1 = 2.1700$$

$$K_1 = -6.72993 \times 10^{-1}$$

$$A_{1.4} = 2.08530 \times 10^{-3}$$

$$A_{1.6} = 7.99262 \times 10^{-5}$$

$$5 \quad A_{1.8} = -7.79741 \times 10^{-7}$$

$$A_{1.10} = -7.00341 \times 10^{-6}$$

第2面の内周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

$$R_2 = -17.26266$$

$$K_2 = -4.55689 \times 10$$

$$10 \quad A_{2.4} = 4.13486 \times 10^{-3}$$

$$A_{2.6} = -1.11949 \times 10^{-3}$$

$$A_{2.8} = 1.04423 \times 10^{-4}$$

$$A_{2.10} = -5.61508 \times 10^{-7}$$

第2面の外周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

$$15 \quad R_2 = -16.46001$$

$$K_2 = -7.90807 \times 10$$

$$A_{2.4} = 4.57207 \times 10^{-3}$$

$$A_{2.6} = -1.35987 \times 10^{-3}$$

$$A_{2.8} = 1.72647 \times 10^{-4}$$

$$20 \quad A_{2.10} = -8.80573 \times 10^{-6}$$

その他のレンズパラメータは以下の通りである。

$$TW = 0.072$$

$$p = 0.00015135$$

$$p(n1-1)/\lambda = 0.139$$

$$25 \quad S3 = 0.0031$$

$$S5 = -0.028$$

図 7 に、本実施例の収差図を示す。図 7 (a) には第 1 の光源と第 1 の光ディスクに対する光路長収差を示しており、図 7 (b) には第 2 の光源と第 2 の光ディスクに対する光路長収差を示している。また、図 8 に、第 1 の光ディスクに集光されたスポットの断面強度分布を示す。

- 5 第 1 の光ディスク基板の厚みは 0.6 mm であり、第 1 の光ディスクは、NA 0.6 の対物レンズ 2 を用いて再生するのが望ましい。図 7 (a) から分かるように、第 1 の光源と第 1 の光ディスクに対する光路長収差は最大で約 -0.5λ 程度であり、波面収差は $0.072 \lambda : \text{rms}$ である。しかし、図 8 に示したスポットの断面強度分布から明らか
10 ないように、収差のない理想的なスポットの形状とほとんど差がなく、光ディスク 6 の性能上問題なく再生あるいは記録が可能となる。

- また、第 2 の光ディスクは、NA が 0.45 前後の対物レンズ 2 を用いて再生するのが望ましいが、図 7 (b) に示すように、第 2 の光源と第 2 の光ディスクに対する光路長収差は、NA 0.44 以内では非常に
15 小さく、それ以上の NA では急激に大きくなっていくことが分かる。従って、上記実施例 1 と同様に、対物レンズ 2 に開口を設けたことと同じになり、厚みが 1.2 mm の光ディスク 6 に対しても、対物レンズ 2 に新たに開口を設けることなく良好に再生あるいは記録を行うことが可能となる。

20 (実施例 4)

以下に、実施例 4 の具体的数値を示す。

$$f_1 = 3.3106$$

$$WD_1 = 1.889$$

$$n_1 = 1.602773$$

25 $d = 1.805$

$$t_1 = 0.6$$

$$t_2 = 1.2$$

$$t_3 = 0.9$$

$$NA = 0.6$$

$$NA_1 = 0.44$$

$$5 \quad f_2 = 3.3341$$

$$WD_2 = 1.538$$

$$n_2 = 1.59842$$

第1面のレンズ形状パラメータは以下の通りである。

$$R_1 = 2.1700$$

$$10 \quad K_1 = -6.72993 \times 10^{-1}$$

$$A_{1,4} = 2.08530 \times 10^{-3}$$

$$A_{1,6} = 7.99262 \times 10^{-5}$$

$$A_{1,8} = -7.79741 \times 10^{-7}$$

$$A_{1,10} = -7.00341 \times 10^{-6}$$

15 第2面の内周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

$$R_2 = -17.0574$$

$$K_2 = -5.33838 \times 10$$

$$A_{2,4} = 4.25485 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -1.18514 \times 10^{-3}$$

$$20 \quad A_{2,8} = 1.22997 \times 10^{-4}$$

$$A_{2,10} = -3.46201 \times 10^{-6}$$

第2面の外周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

$$R_2 = -16.46575$$

$$K_2 = 0.0$$

$$25 \quad A_{2,4} = 6.72727 \times 10^{-3}$$

$$A_{2,6} = -1.61122 \times 10^{-3}$$

$$A_{2.8} = 1.96560 \times 10^{-4}$$

$$A_{2.10} = -9.90970 \times 10^{-6}$$

その他のレンズパラメータは以下の通りである。

$$TW = 0.0589$$

$$5 \quad p = 0.00030266$$

$$p(n_1 - 1) / \lambda = 0.274$$

$$S_3 = 0.0018$$

$$S_5 = -0.003$$

図9に、本実施例の収差図を示す。図9(a)には第1の光源と第1
10 の光ディスクに対する光路長収差を示しており、図9(b)には第2の
光源と第2の光ディスクに対する光路長収差を示している。また、図1
0に、第1の光ディスクに集光されたスポットの断面強度分布を示す。

第1の光ディスク基板の厚みは0.6mmであり、第1の光ディスク
は、NA0.6の対物レンズ2を用いて再生するのが望ましい。図9
15 (a)から分かるように、第1の光源と第1の光ディスクに対する光路
長収差は最大で約 -0.3λ 程度であり、波面収差は 0.059λ :rms
である。しかし、図10に示したスポットの断面強度分布から明ら
かなように、収差のない理想的なスポットの形状とほとんど差がなく、
特に、エアリーリングのピーク強度は理想的な点像強度分布よりもさら
20 に低く、光ディスク6の性能上問題なく再生あるいは記録が可能となる。

また、第2の光ディスクは、NAが0.45前後の対物レンズ2を用
いて再生するのが望ましいが、図9(b)に示すように、第2の光源と
第2の光ディスクに対する光路長収差は、NA0.44以内では非常に
小さく、それ以上のNAでは急激に大きくなっていくことが分かる。従
25 って、上記実施例1と同様に、対物レンズ2に開口を設けたことと同じ
になり、厚みが1.2mmの光ディスク6に対しても、対物レンズ2に

新たに開口を設けることなく良好に再生あるいは記録を行うことが可能となる。

〔第 2 の実施の形態〕

図 1 1 は本発明の第 2 の実施の形態における光ディスク用対物レンズ
5 を用いて光ディスクに集光したときの光路図である。

図 1 1 に示すように、本実施の形態の対物レンズ 2 は、両面非球面の
単レンズからなり、光源側の面 3 は回転対称非球面である。また、対物
レンズ 2 の光ディスク 6 側の面は、内周領域 9 と中間領域 1 0 と外周領
域 1 1 とに分けられている。そして、入射光線 1 は、対物レンズ 2 に入
10 射した後、対物レンズ 2 によって光ディスク 6 の情報媒体面 6 a に集光
される。

ここで、内周領域 9 と中間領域 1 0 との境界における対物レンズ 2 の
NA を NA 2、中間領域 1 0 と外周領域 1 1 との境界における対物レン
ズ 2 の NA を NA 3 としたとき、NA 2、NA 3 は下記式 (7)、(8)
15 の関係を満足するのが望ましい。

$$0.35 < NA2 < 0.43 \quad (7)$$

$$0.03 < NA3 - NA2 < 0.1 \quad (8)$$

NA 2 が 0.35 以下の場合あるいは 0.43 以上の場合には、第 2
の光ディスクに対して望ましいスポット径が得られない。また、NA 3
20 $- NA2$ が 0.03 以下の場合には、中間領域 1 0 の幅が狭くなり過ぎ
て、第 2 の光ディスクに対する収差の補正が困難となる。一方、NA 3
 $- NA2$ が 0.1 以上の場合には、逆に中間領域 1 0 の幅が広くなり過
ぎて、第 1 の光ディスクに対する収差が劣化してしまう。

また、中間領域 1 0 の非球面形状を、光ディスク 6 の厚み t_4 に対し
25 て球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_4 は下記式 (9) の
関係を満足するのが望ましい。

$$1.4 < t_4 < 2.0 \quad (9)$$

t_4 が1.4以下の場合あるいは2.0以上の場合には、第2の光ディスクに対する収差が悪化してしまう。

図12は本発明の第2の実施の形態における対物レンズの光ディスク側の面の形状を示す構成図である。図12に示すように、対物レンズ2の光ディスク6側の面（図11参照）には、内周領域9と中間領域10との境界に光軸にほぼ平行な段差12が設けられている。図12においては、分かり易くするために、段差12が実際よりも強調して描かれているが、実際の段差12は $0.3\mu\text{m}$ 前後である。このような形状は理想的であるが、実際の加工において砥石による研削加工を行うと、内周領域9と中間領域10との境界における段差12は、例えば、円弧形状のような形状13になってしまう。しかし、実際の形状13と理想的な形状とが異なる領域は、例えば、砥石の半径が2mmの場合、半径方向でせいぜい $35\mu\text{m}$ 程度である。これは、レンズの有効径（約4mm）に対して十分に小さく、レンズ性能にはほとんど影響を与えない。一方、中間領域10と外周領域11との境界においては段差が生じないように、中間領域10の形状が決定されている。

次に、本実施の形態における光ディスク用対物レンズ2の具体的な数値例を示す。尚、上記第1の実施の形態において示した共通の符号以外に下記の符号を追加する。

NA2：内周領域と中間領域との境界における対物レンズのNA

NA3：中間領域と外周領域との境界における対物レンズのNA

t_4 ：中間領域の非球面形状を球面収差が0となるように最適化するときの光ディスク基板の厚み

（実施例5）

以下に、実施例5の具体的な数値を示す。

$$f_1 = 3.300$$

$$WD_1 = 1.890$$

$$n_1 = 1.602972$$

$$d = 1.8$$

$$5 \quad t_1 = 0.6$$

$$t_2 = 1.2$$

$$t_4 = 1.8$$

$$NA_2 = 0.39$$

$$NA_3 = 0.44$$

$$10 \quad f_2 = 3.3241$$

$$WD_2 = 1.538$$

$$n_2 = 1.59842$$

第1面のレンズ形状パラメータは以下の通りである。

$$R_1 = 2.1700$$

$$15 \quad K_1 = -6.72993 \times 10^{-1}$$

$$A_{1.4} = 2.08530 \times 10^{-3}$$

$$A_{1.6} = 7.99262 \times 10^{-5}$$

$$A_{1.8} = -7.79741 \times 10^{-7}$$

$$A_{1.10} = -7.00341 \times 10^{-6}$$

20 第2面の内周領域及び外周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

$$R_2 = -16.46001$$

$$K_2 = -7.90807 \times 10$$

$$A_{2.4} = 4.57207 \times 10^{-3}$$

$$25 \quad A_{2.6} = -1.35987 \times 10^{-3}$$

$$A_{2.8} = 1.72647 \times 10^{-4}$$

$$A_{2,10} = -8.80573 \times 10^{-6}$$

第2面の中間領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

$$R_2 = -18.9318$$

$$K_2 = 1.65803 \times 10$$

5 $A_{2,4} = 2.81973 \times 10^{-3}$

$$A_{2,6} = -4.83241 \times 10^{-4}$$

$$A_{2,8} = -3.23374 \times 10^{-5}$$

$$A_{2,10} = 1.75251 \times 10^{-5}$$

図13に、本実施例の収差図を示す。図13(a)には第1の光源と
10 第1の光ディスクに対する光路長収差を示しており、図13(b)には
第2の光源と第2の光ディスクに対する光路長収差を示している。また、
図14に、第1の光ディスクに集光されたスポットの断面強度分布を示
す。

第1の光ディスク基板の厚みは0.6mmであり、第1の光ディスク
15 は、NA0.6の対物レンズ2を用いて再生するのが望ましい。図13
(a)から分かるように、第1の光源と第1の光ディスクに対する光路
長収差はNA0.4付近で-0.5λ程度となる。しかし、図14に示
したスポットの断面強度分布から明らかなように、収差のない理想的な
スポットの形状とほとんど差がなく、光ディスク6の性能上問題なく再
20 生あるいは記録が可能となる。

また、第2の光ディスクは、NAが0.45前後の対物レンズ2を用
いて再生するのが望ましいが、図13(b)に示すように、第2の光源
と第2の光ディスクに対する光路長収差は、NA0.44以内では小さ
く、それ以上のNAでは急激に大きくなっていくことが分かる。光路長
25 収差が非常に大きい場合には、光ディスク6の情報媒体面上で反射した
光線が受光素子上に戻ってこないため、結果として対物レンズ2に開口

を設けたことと同じになり、厚みが1.2 mmの光ディスク6に対して、対物レンズ2に新たに開口を設けることなく良好に再生あるいは記録を行うことが可能となる。

〔第3の実施の形態〕

- 5 図15は本発明の第3の実施の形態における光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図である。

図15に示すように、本実施の形態の対物レンズ2は、両面非球面の単レンズからなり、光源側の面3は回転対称非球面である。また、対物レンズ2の光ディスク6側の面は、内周領域14と中間領域15と外周領域16とに分けられている。そして、入射光線1は、対物レンズ2に
10 入射した後、対物レンズ2によって光ディスク6の情報媒体面6aに集光される。

ここで、中間領域15の非球面形状を、光ディスク6の基板厚み t_5 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_5 は下記式
15 (10)の関係を満足するのが望ましい。

$$1. \quad 0 < t_5 < 1.4 \quad (10)$$

t_5 が1.0以下の場合あるいは1.4以上の場合には、第2の光ディスクに対する内周領域14と外周領域16との境界よりも内側での開口における球面収差が劣化する。

- 20 また、内周領域14と中間領域15との境界における対物レンズ2のNAを NA_2 、中間領域15と外周領域16との境界における対物レンズ2のNAを NA_3 としたとき、 NA_2 、 NA_3 は下記式(12)、(13)の関係を満足するのが望ましい。

$$0.35 < NA_2 < 0.43 \quad (12)$$

25 $0.03 < NA_3 - NA_2 < 0.1 \quad (13)$

NA_2 が0.35以下の場合あるいは0.43以上の場合には、第2

の光ディスクに対して望ましいスポット径が得られない。また、 $NA3 - NA2$ が0.03以下の場合には、中間領域15の幅が狭くなり過ぎて、第2の光ディスクに対する収差の補正が困難となる。一方、 $NA3 - NA2$ が0.1以上の場合には、逆に中間領域15の幅が広くなり過ぎて、第1の光ディスクに対する収差が劣化してしまう。

図16は本発明の第3の実施の形態における対物レンズの光ディスク側の面の形状を示す構成図である。図16に示すように、対物レンズ2の光ディスク6側の面（図15参照）において、内周領域14と中間領域15との境界は段差なしに接続されている。また、外周領域16の形状は、内周領域14と光路長が1波長分ずれた形状17に等しい。さらに、中間領域15と外周領域16との境界にも段差が生じないように、中間領域15と外周領域16との境界が定められている。

以上のように、本実施の形態の対物レンズ2においては、内周、中間、外周の各領域間に段差を設けない構成としたので、加工が容易となる。

15 (実施例6)

以下に、実施例6の具体的数値を示す。

$$f1 = 3.300$$

$$WD1 = 1.890$$

$$n1 = 1.602972$$

20 $d = 1.8$

$$t1 = 0.6$$

$$t2 = 1.2$$

$$t4 = 1.2$$

$$NA2 = 0.39$$

25 $NA3 = 0.46$

$$f2 = 3.3241$$

$$WD\ 2 = 1.539$$

$$n\ 2 = 1.59842$$

第1面のレンズ形状パラメータは以下の通りである。

$$R_1 = 2.1700$$

$$5\quad K_1 = -6.72993 \times 10^{-1}$$

$$A_{1.4} = 2.08530 \times 10^{-3}$$

$$A_{1.6} = 7.99262 \times 10^{-5}$$

$$A_{1.8} = -7.79741 \times 10^{-7}$$

$$A_{1.10} = -7.00341 \times 10^{-6}$$

- 10 第2面の内周領域及び外周領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。但し、外周領域の形状の光軸との交点は内周領域のそれに対して0.00109だけ第1面側へ平行移動している。

$$R_2 = -16.46001$$

$$K_2 = -7.90807 \times 10$$

$$15\quad A_{2.4} = 4.57207 \times 10^{-3}$$

$$A_{2.6} = -1.35987 \times 10^{-3}$$

$$A_{2.8} = 1.72647 \times 10^{-4}$$

$$A_{2.10} = -8.80573 \times 10^{-6}$$

第2面の中間領域におけるレンズ形状パラメータは以下の通りである。

- 20 但し、中間領域の形状の光軸との交点は内周領域のそれに対して0.0003419だけ第1面側へ平行移動している。

$$R_2 = -17.3870$$

$$K_2 = -2.71760 \times 10$$

$$A_{2.4} = 3.98819 \times 10^{-3}$$

$$25\quad A_{2.6} = -9.93390 \times 10^{-4}$$

$$A_{2.8} = 6.64032 \times 10^{-5}$$

$$A_{2,10} = 6.11772 \times 10^{-6}$$

図 17 に、本実施例の収差図を示す。図 17 (a) には第 1 の光源と第 1 の光ディスクに対する光路長収差を示しており、図 17 (b) には第 2 の光源と第 2 の光ディスクに対する光路長収差を示している。また、
5 図 18 に、第 1 の光ディスクに集光されたスポットの断面強度分布を示す。図 17 (a) から分かるように、第 1 の光源と第 1 の光ディスクに対する光路長収差は NA が 0.46 以上で 1 波長ずれているが、図 18 に示したスポットの断面強度分布から明らかなように、収差のない理想的なスポットの形状とほとんど差がなく、光ディスク 6 の性能上問題なく再生あるいは記録が可能となる。
10

また、第 2 の光ディスクは、NA が 0.45 前後の対物レンズ 2 を用いて再生するのが望ましいが、図 17 (b) に示すように、第 2 の光源と第 2 の光ディスクに対する光路長収差は、NA 0.46 以内では小さく、それ以上の NA では急激に大きくなっていくことが分かる。光路長
15 収差が非常に大きい場合には、光ディスク 6 の情報媒体面上で反射した光線が受光素子上に戻ってこないため、結果として対物レンズ 2 に開口を設けたことと同じになり、厚みが 1.2 mm の光ディスク 6 に対しても、対物レンズ 2 に新たに開口を設けることなく良好に再生あるいは記録を行うことが可能となる。

20 また、第 2 の光ディスクに集光した場合に、内周領域 14 と中間領域 15 のそれぞれの波面収差が最小となる焦点位置が等しくなるように、中間領域 15 の形状が設計されている。このため、光ディスク 6 の情報媒体面で反射した光線が受光素子に入射したとき、内周領域 14 と中間領域 15 で同じ位置に戻ってくるので、正確な信号光が得られる。

25 さらに、本実施例では、第 2 の光ディスクに集光した場合の内周領域 14 と中間領域 15 の範囲における波面収差の 3 次の球面収差成分が一

0.0019 μ mと非常に小さいため、第2の光ディスクを良好に再生あるいは記録することができる。

尚、上記各実施例1～6で示した対物レンズ2は、ガラス成形あるいは樹脂成形によって作製するのが望ましい。非球面形状を型に加工しておくことにより、同一の形状及び性能を有するレンズを、安価に量産することが可能となるからである。

[第4の実施の形態]

次に、上記第1～第3の実施の形態における光ディスク用対物レンズ2を用いた光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置について、図19を用いて説明する。図19は本発明の第4の実施の形態における光ヘッド装置及び光学情報記録再生装置を示す構成図である。

図19に示すように、第1の光源である波長655nmの半導体レーザ18から出射した光束19は、コリメートレンズ20によって略平行光となる。コリメートレンズ20によって略平行光となった光束19は、ビームスプリッター21を透過し、上記第1～第3の実施の形態で示した対物レンズ2によって厚み0.6mmの第1の光ディスク23の情報媒体面23a上に集光される。また、第2の光源である波長が800nmの半導体レーザ24から出射した光束25は、コリメートレンズ26によって略平行光となる。コリメートレンズ26によって略平行光となった光束25は、ビームスプリッター21で反射し、同じ対物レンズ2によって厚み1.2mmの第2の光ディスク27の情報媒体面27a上に集光される。ここで、対物レンズ2は、可動式のホルダー28に装着されており、光ディスクの面ぶれ等に追随してその焦点を常に情報媒体面上に合わせると共に、対物レンズ2の開口を制限する働きもする。集光スポットは、第1の光ディスク23の情報媒体面23aあるいは第2の光ディスク27の情報媒体面27aに形成された凹凸によって回折さ

れる。第1の光ディスク23の情報媒体面23aあるいは第2の光ディスク27の情報媒体面27aで回折し、反射されたレーザ光（光束19あるいは25）は、ビームスプリッター21で反射し、凸レンズ29及びシリンドリカルレンズ30で屈折して受光素子31上に集光される。

- 5 そして、受光素子31の電気信号により、第1の光ディスク23の情報媒体面23aあるいは第2の光ディスク27の情報媒体面27aで変調された光量変化が検出され、データが読み取られる。

上記のように波長655nmの第1の光源を用いて基板厚み0.6mmの第1の光ディスク23に集光した場合、対物レンズ2は波面収差の
10 値そのものは大きいものの、集光されたスポットは、特に第1の光ディスク23の記録再生に大きな影響を与えるエアリーリングの強度が相対的に低いため、良好な記録再生特性を得ることができる。

また、上記のように波長800nmの第2の光源を用いて基板厚み1.2mmの第2の光ディスク27に集光した場合には、レンズホルダー2
15 8の開口はNA0.6に相当したままであるが、対物レンズ2のNAが0.4ないし0.45以上では光路長収差が急激に大きくなっており、対物レンズ2に開口を設けたことと同じになる。また、受光側においても、NAが0.4ないし0.45以上では、その大きな光路長収差のために、受光素子31の外側に光線が来るので、結果として対物レンズ2
20 にマスクしたことと（開口を設けたことと）同じになる。もちろん、NAが0.4ないし0.45以内では第2の光源に対して光路長収差が十分に補正されているため、厚み1.2mmの第2の光ディスク27に対して良好な記録再生特性を得ることができる。

以上のように、それぞれの光ディスクの状態に適した収差内容を対物
25 レンズ2に持たせることにより、異なる2種類の光ディスクに対して、1つのレンズで良好な記録再生を行うことができる。

尚、上記実施の形態においては、光源の波長を655nmと800nmに設定しているが、他の波長、例えば、400nmと650nm等の組み合わせであってもよい。

また、上記実施の形態においては、2種類の光ディスクの基板厚みを
5 0.6mmと1.2mmに設定しているが、他の厚み、例えば、0.3mmと0.6mm等の組み合わせであってもよい。

また、上記実施の形態においては、対物レンズ2の屈折率をほぼ1.6近辺に設定しているが、使用可能なガラス材料、樹脂材料の範囲で、例えば、1.45から2.0等の範囲のものを用いてもよい。

10 また、上記実施の形態においては、第1の光ディスクに対するNAを0.6に設定しているが、これよりも高い、あるいは低いNAであってもよい。

また、上記実施の形態においては、対物レンズ2の光ディスク側の面（第2面）に段差等を形成しているが、対物レンズ2の光源側の面（第
15 1面）に段差等を形成してもよい。また、上記実施の形態で示したような機能を、従来の単レンズとは別の例えば平行平板等の光学素子に付加するようにしてもよい。

また、上記実施の形態においては、対物レンズ2に対して光ディスクの基板厚みによって開口制限を変えなかったが、異なる基板厚みに応じ
20 て開口制限を付加するようにしてもよい。

また、上記実施の形態においては、光ディスク用対物レンズ2に対して略平行光を入射させる場合を例に挙げて説明したが、半導体レーザから出射された光を直接1つのレンズで集光したり、又はコリメートレンズによって略平行光とせずに発散光又は集束光とする有限倍率のレンズ
25 を用いてもよい。

〔第5の実施の形態〕

本発明において、非球面とは、半径が近軸曲率半径である球面に偏差を与えた形状をいうものとする。すなわち、非球面とは、下記式（22）によって表現することができる形状をいう。尚、光学設計上必要十分な精度（10 nm未満の形状誤差）で下記式（22）によって表現することが可能なレンズ形状は、異なる式を用いて設計されているものであっても、本発明の非球面に含まれるものとする。

$$z = \frac{(1/r)^2 h^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(1/r)^2 h^2}} + \sum_j A_j h^j \quad (22)$$

上記式（22）における各符号の意味は以下の通りである。

z : サグ

h : 光軸からの高さ

r : 曲率半径

k : 円錐定数

A_j : j 次の非球面係数

図20は本発明の第5の実施の形態における光ディスク用対物レンズを用いて光ディスクに集光したときの光路図である。

図20に示すように、本実施の形態の対物レンズ101は、単レンズからなっている。また、対物レンズ101の光ディスク102側の面は、光軸107を含む内周部の第1の非球面領域104と、外周部の第2の非球面領域105と、第1の非球面領域104と第2の非球面領域105とに挟まれ、光軸107を回転対称中心軸とするトーリック面領域106とにより構成されている。そして、光源からの入射光103は、対物レンズ101に入射した後、対物レンズ101によって光ディスク102に集光される。

対物レンズ101の第1及び第2の非球面領域104、105は、C

DとDVDを1つのレンズによって良好に再生することができるように設計されている。具体的には、光軸107を含む第1の非球面領域104は、波長780nmの光を射出する光源を用いてCDを再生したときに良好に再生することができるように設計されており、第2の非球面領域105は、波長660nmの光を射出する光源を用いてDVDを再生したときに良好に再生することができるように設計されている。この第1及び第2の非球面領域104、105を後述する不連続の段差を持たせて接続することにより、CDやDVDをそれぞれの波長の光源を用いてレンズ全域で良好に再生することができる。

- 10 図20においては、対物レンズ101の中心曲率半径の大きい側の面を、トーリック面領域106を境界として3領域に分割しているが、これは、金型加工用の砥石径の選択の自由度を大きくする効果がある。このことについては、次の実施の形態で詳細に説明する。

- 15 図21は図20のトーリック面領域106の近傍部分(A部)を拡大して示した半径方向断面図である。

- 図21に示すように、トーリック面領域106は、半径Rの円弧を光軸107(図20参照)を中心として回転させて得られるトーリック面である。このトーリック面領域106は、外周部の第2の非球面領域105と接し、内周部の第1の非球面領域104と交差するように形成されている。ここで、トーリック面領域106が第2の非球面領域105と『接する』とは、半径方向断面において、トーリック面領域106の表面曲線と第2の非球面領域105の表面曲線との接続点におけるそれぞれの接線の傾きが一致することをいう。また、トーリック面領域106が第1の非球面領域104と『交差する』とは、半径方向断面において、トーリック面領域106の表面曲線と第1の非球面領域104の表面曲線との接続点におけるそれぞれの接線の傾きが一致せず、所定の角
- 20
- 25

度で交差することをいう。

最終的な設計形状は、図 2 1 の実線のようにになる。

トーリック面領域 1 0 6 の半径方向の幅（円弧の幅） w は、下記式（1 6）の関係を満足するのが望ましい。

$$0.02\text{ mm} < w < 0.04\text{ mm} \quad (16)$$

図 2 1 に示すように、幅 w は、第 1 の非球面領域 1 0 4 とトーリック面領域 1 0 6 との接続点の光軸 1 0 7 からの高さ、第 2 の非球面領域 1 0 5 とトーリック面領域 1 0 6 との接続点の光軸 1 0 7 からの高さとの差によって定義される。 w が 0.02 mm 以下の場合には、砥石によって加工することができない形状となり、レンズの製造が困難となる。一方、 w が 0.04 mm 以上の場合には、実際に得られるレンズ形状と理想的な設計形状との差が大きくなり過ぎて、レンズの性能が満足に発揮されなくなる。

また、トーリック面領域 1 0 6 を形成する円弧の半径 R は、下記式（1 4）の関係を満足するのが望ましい。

$$0.7\text{ mm} < R < 2.5\text{ mm} \quad (14)$$

R が 0.7 mm 以下の場合には、研削加工によって金型を加工することができなくなるため、レンズの製造が困難となる。一方、 R が 2.5 mm 以上の場合には、円弧部分の幅が広くなり過ぎてレンズの性能を悪化させてしまう。

トーリック面領域 1 0 6 を形成する円弧の半径 R は、さらには、下記式（1 5）の関係を満足するのが望ましい。

$$1.6\text{ mm} < R < 2.1\text{ mm} \quad (15)$$

（実施例 7）

図 2 2 は実際にレンズ形状を計算して得られた本発明の対物レンズの一例のトーリック面領域の近傍部分の半径方向拡大断面図である。図 2

2において、横軸は光軸107からの高さ h (mm)、縦軸は内周部の第1の非球面領域104と光軸107との交点を原点とするサグ量 z を示している。

5 内周部の第1の非球面領域104における非球面データは下記（表1）以下の通りである。

[表1]

$$r = -1.682 \times 10$$

$$k = -7.90807 \times 10$$

$$A_3 = 2.605947654 \times 10^{-3}$$

10 $A_4 = 1.054073967 \times 10^{-4}$

$$A_6 = 6.605216379 \times 10^{-4}$$

$$A_8 = -4.966151680 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = 8.362178008 \times 10^{-5}$$

15 また、外周部の第2の非球面領域105における非球面データは下記（表2）以下の通りである。

[表2]

$$r = -1.682 \times 10$$

$$k = -4.10782 \times 10$$

$$A_3 = -2.083119392 \times 10^{-3}$$

20 $A_4 = 7.583760761 \times 10^{-3}$

$$A_6 = -2.145398325 \times 10^{-2}$$

$$A_8 = 3.23346325 \times 10^{-4}$$

$$A_{10} = -2.125916694 \times 10^{-5}$$

25 図22において、第1の非球面領域104の非球面曲線と、第2の非球面領域105の非球面曲線とをそれぞれ相手方方向に二点鎖線で示すように延長したとき、光軸107からの高さ h が1.07mmの地点に

における両曲線の光軸方向の距離Dは0.303 μ mである。尚、本発明において、第1の非球面領域と第2の非球面領域との接続部における両面のこのような光軸方向の距離を『接続部の段差』という。また、第1の非球面領域と第2の非球面領域とを光軸方向に所定の距離（すなわち、
5 段差）を設けて接続することを『段差を介して接続する』という。トーリック面領域106を形成する円弧の半径Rは2mmであり、この円弧の中心点の座標は(h, z) = (1.006469, -2.026898)である。また、内外周の非球面領域104、105を接続するトーリック面領域106の幅wは約34 μ mである。

- 10 図23に、このレンズを用いたときの、DVD再生時及びCD再生時の収差曲線（光路長差曲線：OPD）を示す。図23（a）にはDVD再生時の収差曲線を示しており、図23（b）にはCD再生時の収差曲線を示している。

- ここで、破線で示した曲線は、内外周の非球面領域104、105を
15 本実施の形態のようなトーリック面領域106によって接続せずに、図22の二点鎖線で示すような段差を設けて接続した理想的な条件における収差曲線を示している。図22の実線で示す本実施の形態の対物レンズでは、理想的な条件下における対物レンズと比較してトーリック面領域106で収差曲線が変形するが、DVD及びCDのそれぞれの再生に
20 はほとんど影響しない。

[第6の実施の形態]

- 図24は本発明の第6の実施の形態におけるレンズ成形用金型を示す半径方向断面図である。図24に示すように、本実施の形態の金型501の成形面は、回転対称中心軸を中心とする同心円によって3つの領域
25 に分割されている。具体的には、本実施の形態の金型501のレンズ成形面は、回転対称中心軸を含む第1の非球面領域504と、最も外側の

第3の非球面領域505と、第1の非球面領域504と第3の非球面領域505とに挟まれ、回転対称中心軸を回転中心とするトーリック面領域506とを有している。トーリック面領域506の半径方向断面における曲率半径Rは、下記式(17)の関係を満足するのが望ましい。

5 $0.7\text{ mm} < R < 2.5\text{ mm}$ (17)

トーリック面領域506の半径方向断面における曲率半径Rは、さらには、下記式(18)の関係を満足するのが望ましい。

$1.6\text{ mm} < R < 2.1\text{ mm}$ (18)

上記曲率半径Rと同一又はこれよりも小さい半径の砥石を用いれば、
10 研削加工することが可能となる。従って、金型501の材料としては、高融点のガラス材料を高圧成形することが可能な超硬合金（例えば、WCを主成分とする焼結体）を用いることができる。

加工した金型501の形状は、形状計測装置によって計測される。触針式の計測器を用いる場合、計測器の触針（プローブ）の先端形状は計
15 測される形状が有する最小の曲率半径未満の曲率半径を有する必要がある。すなわち、被計測形状がプローブの先端径よりも小さい曲面形状を有する場合には、その部分の計測結果がずれてしまい、正しく計測することができない。これを防ぐためには小径のプローブを用いればよいが、小径のプローブは一般に真円度が悪くなるため、特に傾斜面での形状計
20 測精度が悪くなり、望ましくない。曲率半径Rが上述の範囲にあるトーリック面領域506を有する金型501の場合には、先端曲率半径が500 μm程度のプローブを用いて良好に計測することができる。

また、光学式の計測器を用いた場合には、内外周の非球面領域104、105を、図22の二点鎖線で示すような段差を設けて接続した場合に
25 比べて、トーリック面領域506の形状の変化が波長オーダーで十分に滑らかであるため、計測光の波面が連続的につながる。従って、この場

合にも、精度良く計測することができる。

〔第 7 の実施の形態〕

ガラス材料を成形するための金型の材料としては、ガラスの融点以上の高温状態で加圧しても変形しないような耐熱性に優れた高硬度の材料
5 （超硬合金）が用いられる。超硬合金の加工は、ダイヤモンド砥石を用いた研削加工によって行われる。

図 2 5 は本発明の第 7 の実施の形態における金型の加工方法を示す概略図であり、図 2 5 （a）は正面方向断面図、図 2 5 （b）は側面方向断面図である。

10 図 2 5 に示すように、被加工金型 6 0 1 は被加工金型 6 0 1 の回転軸 6 0 2 を軸として回転し、砥石 6 0 3 は砥石 6 0 3 の回転軸 6 0 4 を軸として回転する。砥石 6 0 3 は、加工面の形状を砥石 6 0 3 の半径 R だけオフセットした曲線 6 0 5 に沿って移動し、金型表面にレンズ形状 6 0 6 を加工する。

15 砥石 6 0 3 の半径 R を、加工しようとするトーリック面領域の曲率半径と同一かこれよりも小さくすることにより、上記第 6 の実施の形態で説明した金型を加工することができる。砥石 6 0 3 の半径 R を、加工しようとするトーリック面領域の曲率半径の 8 0 % 以上、さらには 9 0 % 以上、特に 9 5 % 以上にすれば、金型を効率良く加工することができる。

20 砥石 6 0 3 の軸 6 0 7 の径（軸径）は、図 2 5 （b）から明らかなように、加工するレンズのサグ、砥石 6 0 3 の半径 R、被加工金型 6 0 1 と砥石 6 0 3 の軸 6 0 7 とのクリアランスによって制約を受け、砥石 6 0 3 の半径 R が小さかったり、加工するレンズのサグが大きい場合には、砥石 6 0 3 の軸 6 0 7 を細くする必要がある。砥石 6 0 3 の軸 6 0 7 を
25 細くすると、たわみなどが起こって、加工精度が悪化する虞れがある。十分満足な軸径を確保するためには、サグ量の小さい面に段差加工を行

い、かつ、砥石 6 0 3 の半径 R をレンズのサグに比べて十分大きく取る必要がある。

良好にゾーン分割型のレンズ成形用金型を加工するためには、砥石 6 0 3 の半径 R は、下記式 (19) の関係を満足するのが望ましい。

$$0.7 \text{ mm} < R < 2.5 \text{ mm} \quad (19)$$

R が 0.7 mm 以下の場合には、砥石 6 0 3 の軸径が細くなり過ぎるために、加工面の形状精度が悪くなる。一方、 R が 2.5 mm 以上の場合には、トーリック面領域（接続領域）が広くなり、成形されたレンズの収差が設計値から大きくずれてしまう。砥石 6 0 3 の半径 R は、さら

には、下記式 (20) の関係を満足するのが望ましい。

$$1.6 \text{ mm} < R < 2.1 \text{ mm} \quad (20)$$

砥石 6 0 3 の半径 R がこの範囲内にあるときに、トーリック面領域の幅を小さくすることと、砥石 6 0 3 の軸径を強度が十分な太さに保つこととを良好に両立させることができる。

15 [第 8 の実施の形態]

図 2 6 は本発明の第 8 の実施の形態における形状計測装置の構成図である。

図 2 6 に示すように、被検金型 7 0 1 は、ステージ 7 0 2 上に配置される。ステージ 7 0 2 は、ステージ制御装置 7 0 3 によって水平方向に移動する。触針 7 0 4 は、被検金型 7 0 1 の表面に接触しながら垂直方向に移動するように触針制御装置 7 0 5 によって制御・保持される。

ステージ制御装置 7 0 3 及び触針制御装置 7 0 5 は、ステージ 7 0 2 の水平座標 Y とそれに対応する触針 7 0 4 の垂直座標 Z を演算装置 7 0 6 に転送する。 Y と Z の組によって構成される座標データ列が被検金型 7 0 1 の形状データ（測定データ）情報となる。ハードディスクドライ

ブ装置（HDD）7 0 7 には、被検金型 7 0 1 の設計形状データが保存

されており、演算装置 706 は、測定データと設計形状データとを比較して得られる加工誤差をディスプレイ 708 に表示する。また、キーボード 709 は、データの入力や、形状計測装置の操作に用いられる。

本発明の形状計測装置においては、設計形状データとして、内外周の
5 回転対称非球面と、それらの接続面に相当する光軸を回転軸とするトーリック面とを用いることができる。そのため、加工されたレンズの形状を誤差なく計測することができる。

具体的には、上記第 5 の実施の形態において示した単レンズ用の金型形状を計測する場合、内周部の第 1 の非球面領域とトーリック面領域と
10 の境界部の光軸からの高さは $h_1 = 1.06$ 、外周部の第 2 の非球面領域とトーリック面領域との境界部の光軸からの高さは $h_2 = 1.094$ であるから、 $0 < h < 1.06$ の範囲においては上記式 (22) の非球面多項式に上記 (表 1) の係数を用いて形状を表現し、 $1.094 < h$ の範囲においては下記式 (23) の非球面多項式に上記 (表 2) の係数
15 を用いて形状を表現する。

$$z = \frac{(1/r)^2 h^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)(1/r)^2 h^2}} + A_0 + \sum_j A_j h^j \quad (23)$$

上記式 (23) の係数 A_0 は、外周部の第 2 の非球面領域を段差が適
20 切となるように z 軸方向に平行移動させるための係数であり、この場合には、 0.303 になる。また、 $1.06 < h < 1.094$ の範囲においては、中心の座標が $(h, z) = (1.006469, -2.026898)$ で半径が 2 mm の円弧の方程式を用いて形状を表現する。このとき、円弧の形状は、下記式 (24) によって表現される。

25

$$z = z_0 + \sqrt{R^2 - (h - h_0)^2} \quad (24)$$

ここで、

$$h_0 = 1.006469$$

$$z_0 = -2.026898$$

5 である。

尚、本実施の形態においては、触針式の形状計測装置を用いて説明したが、必ずしもこの方式の形状計測装置に限定されるものではなく、光学式の非接触の形状計測装置や、原子間力を利用した形状計測装置であっても、同様の効果を得ることができる。

10 [第9の実施の形態]

図27は本発明の第9の実施の形態における光ヘッド装置を示す構成図である。

図27において、801及び802はそれぞれDVD用及びCD用のレーザモジュールである。DVD用のレーザモジュール801は、波長
15 660nmのレーザ光を射出する半導体レーザと、ディスク（DVD806）からの反射光を受光する受光素子とからなっている。同様に、CD用のレーザモジュール802は、波長780nmのレーザ光を射出する半導体レーザと、ディスク（CD807）からの反射光を受光する受光素子とからなっている。

20 DVDの再生時において、DVD用のレーザモジュール801からの射出光束は、ビームスプリッタ803を透過し、コリメートレンズ804によって略平行光束に変換され、本発明の対物レンズ805に入射する。本発明の対物レンズ805は、DVD806の情報記録面に集光スポットを結像する。DVD806からの反射光は、本発明の対物レンズ
25 805によって略平行光束となった後、コリメートレンズ804によって収束光束に変換され、その後、ビームスプリッタ803を透過し、D

V D用のレーザモジュール801の受光素子に集光される。

次に、C Dの再生時における動作について説明する。C D用のレーザモジュール802からの射出光束は、ビームスプリッタ803によって反射された後、コリメートレンズ804によって略平行光束に変換され、
5 本発明の対物レンズ805に入射する。本発明の対物レンズ805は、C D807の情報記録面に集光スポットを結像する。C D807からの反射光は、本発明の対物レンズ805によって略平行光束となった後、コリメートレンズ804によって収束光束に変換され、その後、ビームスプリッタ803によって反射され、C D用のレーザモジュール802
10 の受光素子に集光される。

ここで、対物レンズ805として本発明のガラス製の単レンズを用いるため、温度変化による対物レンズ805の収差の変動は十分に小さい。従って、車載用などのように広い温度範囲で動作を保證する必要がある場合にも、良好な性能を発揮させることができる。

15 尚、上記第5～第9の実施の形態においては、D V D / C D 互換の対物レンズとして、内周非球面と外周非球面の2つのゾーンに分割設計する形式の単レンズを例に挙げて説明したが、単レンズを3つ以上のゾーンに分割する設計であっても、各ゾーン間の段差部を光軸を回転対称軸とするトーリック面で接続することによって上記と同様の効果を得ること
20 ができる。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明によれば、厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズを実現すること
25 ができるので、例えば、ディスク厚みが1.2mmのC DあるいはC D - R O M とディスク厚みが0.6mmのD V D あるいはD V D - R O

Mを1つの光ヘッドで読み取る光ヘッド装置に利用可能である。

請求の範囲

1. 両面非球面の単レンズからなり、厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、
 5 少なくとも一方の非球面が、光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内周領域よりも外側の外周領域の2つの領域からなり、前記外周領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のうち厚みの小さい第1の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、
 10 前記内周領域の非球面形状は、厚みの大きい第2の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記外周領域と内周領域との境界は光軸方向に段差をもって接しており、下記式(1)～(4)の関係を満足することを特徴とする光ディスク用対物レンズ。

$$t_1 < t_2 \quad (1)$$

$$0.05 < TW < 0.12 \quad (2)$$

$$0.38 < NA_1 < 0.46 \quad (3)$$

$$0.1 < p(n-1)/\lambda < 0.6 \quad (4)$$

但し、

- t_1 : 第1の光ディスク基板の厚み
 t_2 : 第2の光ディスク基板の厚み
 20 NA_1 : 内周領域の開口における対物レンズのNA
 TW : 第1の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差（単位は λ :rms）
 n : 第1の光ディスクを再生するときの光源の波長における対物レンズの屈折率
 25 p : 内周領域と外周領域の光軸方向の段差
 λ : 第1の光ディスクを再生するときの光源の波長

2. 第1の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差の3次の球面収差成分 S_3 が略0である請求項1に記載の光ディスク用対物レンズ。

3. 第1の光ディスク基板を通して集光するときの波面収差の5次の球面収差成分 S_5 (単位は λ : rms) が下記式(5)の関係を満足する請求項1に記載の光ディスク用対物レンズ。

$$-0.03 < S_5 < 0.03 \quad (5)$$

4. 内周領域の非球面形状を、光ディスク基板の厚み t_3 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_3 が下記式(6)の関係を満足する請求項1に記載の光ディスク用対物レンズ。

$$0.8 < t_3 < 1.2 \quad (6)$$

5. 内周領域と外周領域の段差が断面円弧状である請求項1に記載の光ディスク用対物レンズ。

6. ガラス成形又は樹脂成形によって作製された請求項1に記載の光ディスク用対物レンズ。

7. 両面非球面の単レンズからなり、厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、少なくとも一方の非球面が、光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内周領域よりも外側で前記円形開口よりも外側の別の円形開口に囲まれた中間領域と前記中間領域よりも外側の外周領域の3つの領域からなり、前記内周領域と外周領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のうち厚みの小さい第1の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記中間領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のいずれよりも厚みの大きい光ディスク基板に対して球面収差を補正し、下記式(7)、(8)の関係を満足することを特徴とする光ディスク用対物レンズ。

$$0.35 < NA2 < 0.43 \quad (7)$$

$$0.03 < NA3 - NA2 < 0.1 \quad (8)$$

但し、

NA2：内周領域と中間領域との境界における対物レンズのNA

5 NA3：中間領域と外周領域との境界における対物レンズのNA

8. 中間領域の非球面形状を、光ディスク基板の厚み t_4 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_4 が下記式 (9) の関係を満足する請求項7に記載の光ディスク用対物レンズ。

$$1.4 < t_4 < 2.0 \quad (9)$$

10 9. 内周領域と中間領域との境界あるいは中間領域と外周領域との境界のいずれか一方が段差なしに接続された請求項7に記載の光ディスク用対物レンズ。

10. 内周領域と中間領域の段差あるいは中間領域と外周領域の段差が断面円弧状である請求項7に記載の光ディスク用対物レンズ。

15 11. ガラス成形又は樹脂成形によって作製された請求項7に記載の光ディスク用対物レンズ。

12. 両面非球面の単レンズからなり、厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、少なくとも一方の非球面が、光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内周領域よりも外側で前記円形開口よりも外側の別の円形開口に囲まれた中間領域と前記中間領域よりも外側の外周領域の3つの領域からなり、前記内周領域と外周領域の非球面形状は、前記厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板のうち厚みの小さい第1の光ディスク基板に対して球面収差を補正し、前記中間領域の非球面形状を、光ディスク基板の厚み t_5 に対して球面収差が補正されるように最適化するとき、 t_5 が下記式 (10) の関係を満足し、前記外周領域は前記内周

20

25

領域に対して光軸方向に波長の整数倍の光路長に相当する段差をもって形成されており、下記式(11)～(13)の関係を満足することを特徴とする光ディスク用対物レンズ。

$$\begin{array}{ll}
 1. & 0 < t_5 < 1.4 \quad (10) \\
 5 & t_1 < t_2 \quad (11) \\
 & 0.35 < NA_2 < 0.43 \quad (12) \\
 & 0.03 < NA_3 - NA_2 < 0.1 \quad (13)
 \end{array}$$

但し、

- t₁ : 第1の光ディスク基板の厚み
- 10 t₂ : 第2の光ディスク基板の厚み
- NA₂ : 内周領域と中間領域との境界における対物レンズのNA
- NA₃ : 中間領域と外周領域との境界における対物レンズのNA
- 13. 第2の光ディスク基板を通して集光するときの内周領域と中間領域のそれぞれの波面収差が最小になる焦点位置が等しい請求項12に記載の光ディスク用対物レンズ。
- 15 14. 第2の光ディスク基板を通して集光するときの内周領域と中間領域の範囲における波面収差の3次の球面収差成分S₃が略0である請求項12に記載の光ディスク用対物レンズ。
- 15. 内周領域と中間領域との境界が段差なしに接続された請求項1
- 20 2に記載の光ディスク用対物レンズ。
- 16. 中間領域と外周領域との境界が前記中間領域と前記外周領域の形状の交点に設定された請求項12に記載の光ディスク用対物レンズ。
- 17. 内周領域と中間領域との境界及び中間領域と外周領域との境界のいずれも段差なしに接続された請求項12に記載の光ディスク用対物
- 25 レンズ。
- 18. ガラス成形又は樹脂成形によって作製された請求項12に記載

の光ディスク用対物レンズ。

19. 2つの光源と、前記2つの光源から出射した光線をそれぞれの光源に対応した厚みの第1及び第2の光ディスク基板を通して情報媒体面上に集光する集光手段と、前記情報媒体で変調された光束を分離するための光束分離手段と、前記情報媒体で変調された光を受光する受光手段とを備えた光ヘッド装置であって、前記集光手段が請求項1、7又は12に記載の光ディスク用対物レンズであることを特徴とする光ヘッド装置。

20. 光ヘッド装置を用いて、厚さの異なる第1及び第2の光ディスク基板の情報媒体面上に情報を記録し、あるいは前記情報媒体面上に記録された情報を再生する光学情報記録再生装置であって、前記光ヘッド装置として請求項19に記載の光ヘッド装置を用いることを特徴とする光学情報記録再生装置。

21. ガラス製の単レンズからなり、厚みの異なる第1及び第2の光ディスク基板を通して点像を集光する光ディスク用対物レンズであって、少なくとも1つの面が、光軸を中心とする同心円によって少なくとも3つの領域に分割され、前記3つの領域のうち、光軸を含む第1の領域と、最も外周部の第2の領域とが回転対称非球面であり、前記第1の領域と前記第2の領域とに挟まれる前記第3の領域が光軸を回転中心軸とするトーリック面であることを特徴とする光ディスク用対物レンズ。

22. トーリック面である第3の領域が、前記第2の領域と接し、前記第1の領域と交差する請求項21に記載の光ディスク用対物レンズ。

23. 第1の領域と第2の領域の非球面係数が異なる請求項21に記載の光ディスク用対物レンズ。

24. レンズの中心曲率半径の大きい側の面にトーリック面が設けられた請求項21に記載の光ディスク用対物レンズ。

25. 第3の領域が、下記式(14)を満足する半径Rの円弧を光軸を中心として回転させて得られるトーリック面である請求項21に記載の光ディスク用対物レンズ。

$$0.7\text{ mm} < R < 2.5\text{ mm} \quad (14)$$

5 26. 第3の領域が、下記式(15)を満足する半径Rの円弧を光軸を中心として回転させて得られるトーリック面である請求項21に記載の光ディスク用対物レンズ。

$$1.6\text{ mm} < R < 2.1\text{ mm} \quad (15)$$

27. 第3の領域の幅wが下記式(16)を満足する請求項21に記載の光ディスク用対物レンズ。

$$0.02\text{ mm} < w < 0.04\text{ mm} \quad (16)$$

28. 第1の波長の光を射出する第1の光源と、前記第1の波長とは異なる第2の波長の光を射出する第2の光源と、前記第1及び第2の光源からの射出光束を情報記録媒体に集光する集光手段と、前記情報記録媒体からの反射光のうち、第1の波長の光を受光するための第1の受光手段と、第2の波長の光を受光するための第2の受光手段とを備えた光ヘッド装置であって、前記集光手段が請求項21に記載の光ディスク用対物レンズであることを特徴とする光ヘッド装置。

29. 超硬合金を研削加工して製造されるレンズ成形用の金型であって、レンズ成形面が光軸を中心とする同心円によって少なくとも3つの領域に分割され、前記3つの領域のうち、前記光軸を含む第1の領域と、最も外周部の第2の領域とが回転対称非球面であり、前記第1の領域と前記第2の領域とに挟まれる第3の領域が光軸を回転中心軸とするトーリック面であることを特徴とするレンズ成形用金型。

25 30. 光軸を回転中心とするトーリック面の曲率半径Rが下記式(17)を満足する請求項29に記載のレンズ成形用金型。

$$0.7\text{ mm} < R < 2.5\text{ mm} \quad (17)$$

3 1. 光軸を回転中心とするトーリック面の曲率半径 R が下記式 (18) を満足する請求項 29 に記載のレンズ成形用金型。

$$1.6\text{ mm} < R < 2.1\text{ mm} \quad (18)$$

5 3 2. レンズ成形面が光軸を中心とする同心円によって少なくとも 3 つの領域に分割され、前記 3 つの領域のうち、前記光軸を含む第 1 の領域と、最も外周部の第 2 の領域とが回転対称非球面であり、前記第 1 の領域と前記第 2 の領域とに挟まれる第 3 の領域が光軸を回転中心軸とするトーリック面であるレンズ成形用金型をダイヤモンド砥石を用いて研削加工するレンズ成形用金型の加工方法であって、研削加工に用いる前記ダイヤモンド砥石の半径が前記トーリック面の曲率半径と同一かこれよりも小さいことを特徴とするレンズ成形用金型の加工方法。

3 3. ダイヤモンド砥石の半径 R が下記式 (19) を満足する請求項 32 に記載のレンズ成形用金型の加工方法。

15
$$0.7\text{ mm} < R < 2.5\text{ mm} \quad (19)$$

3 4. ダイヤモンド砥石の半径 R が下記式 (20) を満足する請求項 32 に記載のレンズ成形用金型の加工方法。

$$1.6\text{ mm} < R < 2.1\text{ mm} \quad (20)$$

3 5. 精密ステージと、前記精密ステージの制御装置と、測長手段と、
20 設計形状データの入力手段と、前記設計形状データと測定データとの差を出力する手段とを備えた形状計測装置であって、前記設計形状データとして、光軸中心から半径 h_1 未満の領域においては第 1 の回転対称非球面を用い、半径 h_2 以上の領域においては第 2 の回転対称非球面を用い、半径 h_1 と半径 h_2 との間の領域においては光軸を回転対称軸とする
25 トーリック面を用いることを特徴とする形状計測装置。



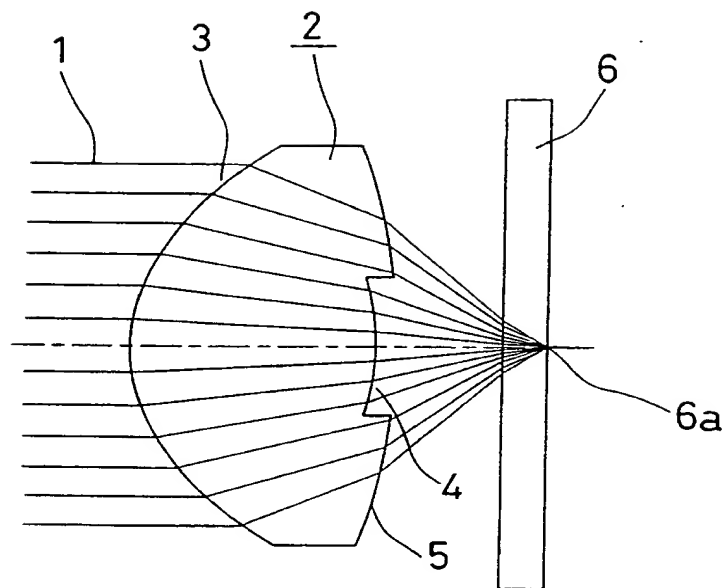


FIG. 1



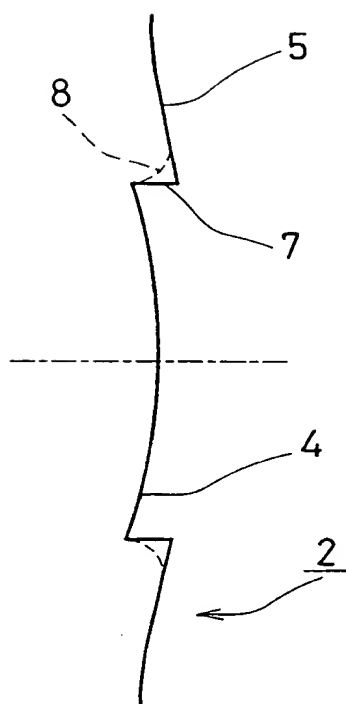


FIG. 2



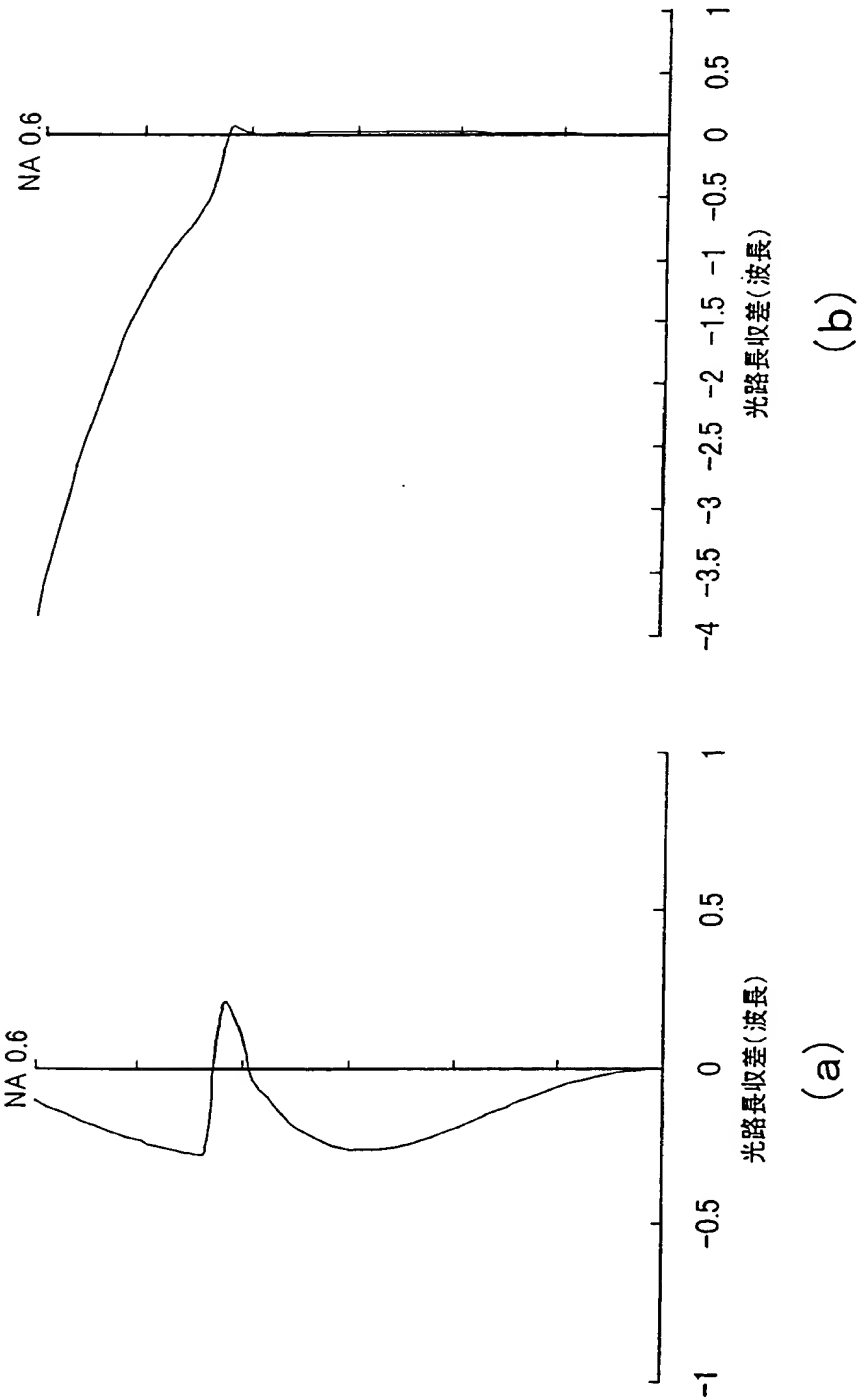


FIG. 3



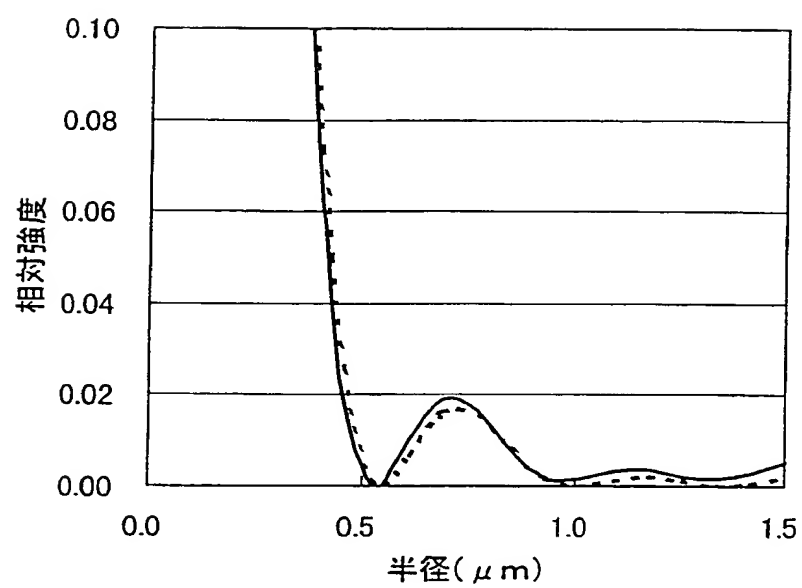


FIG. 4



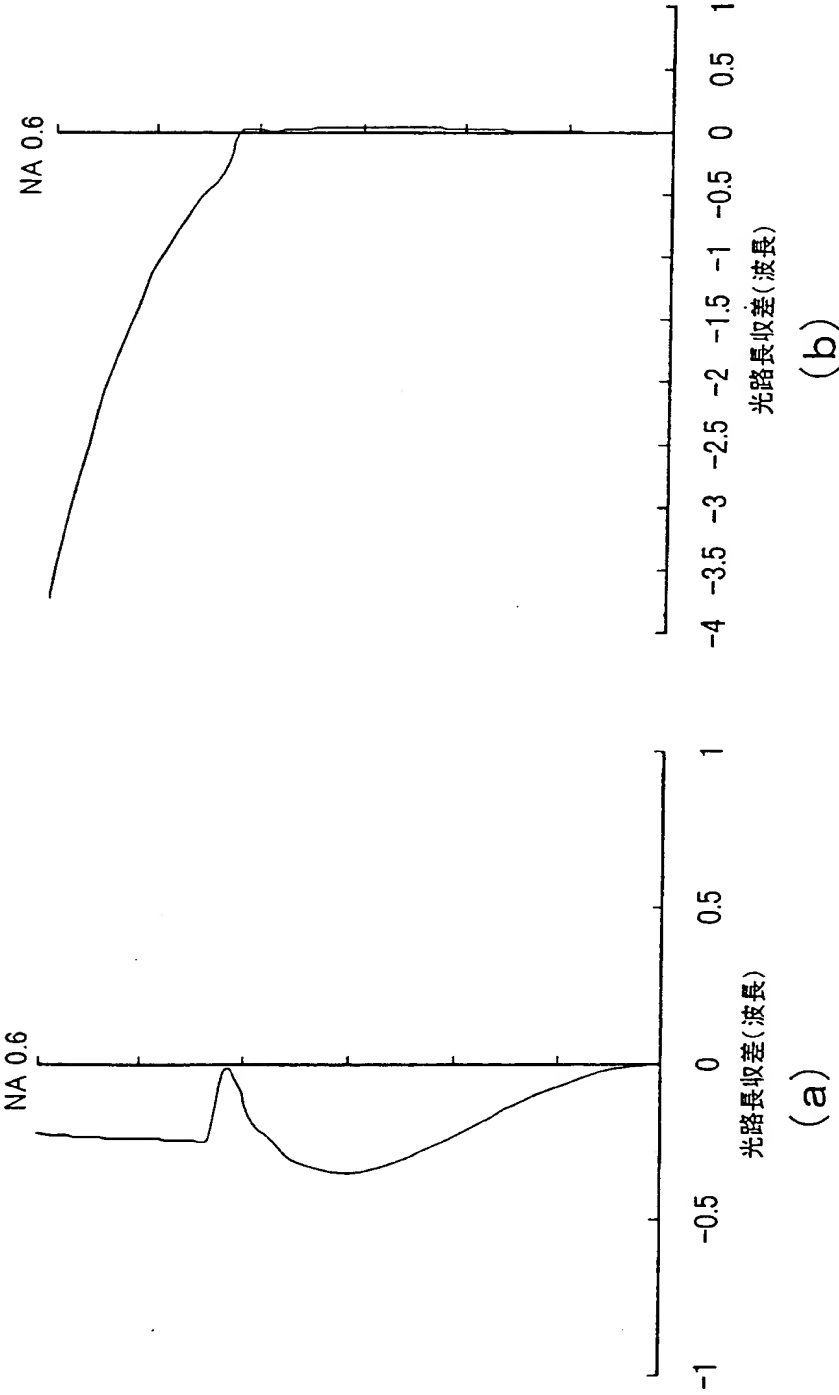


FIG. 5



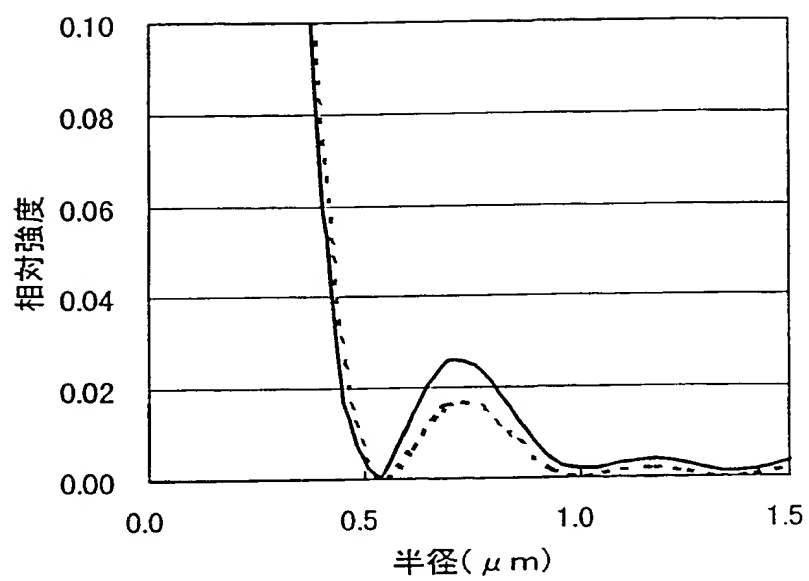


FIG. 6



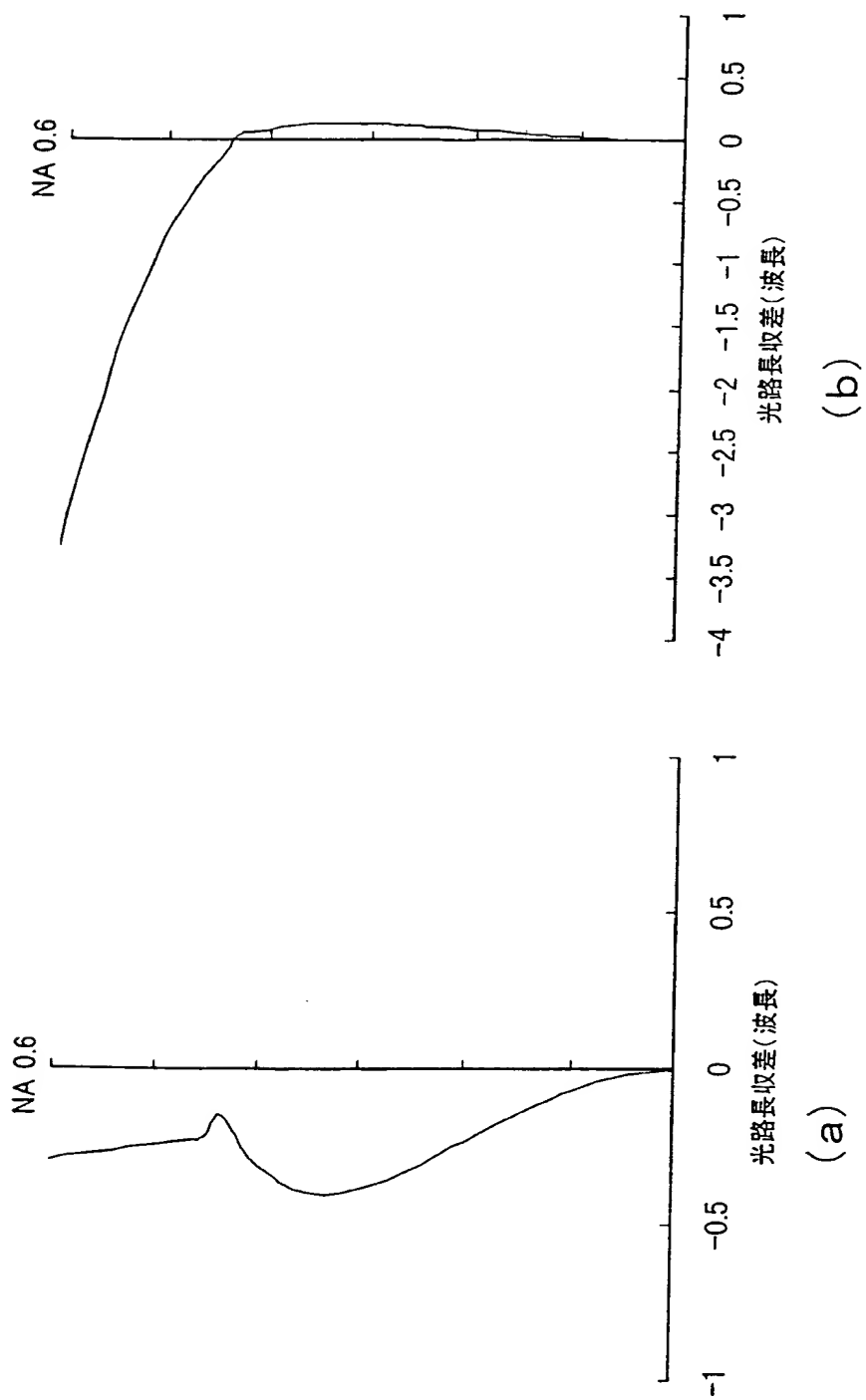


FIG. 7



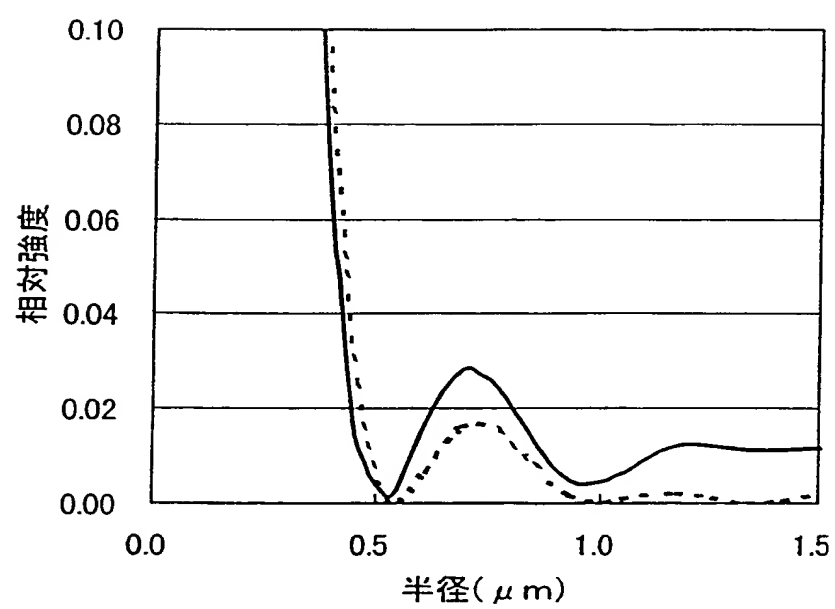


FIG. 8



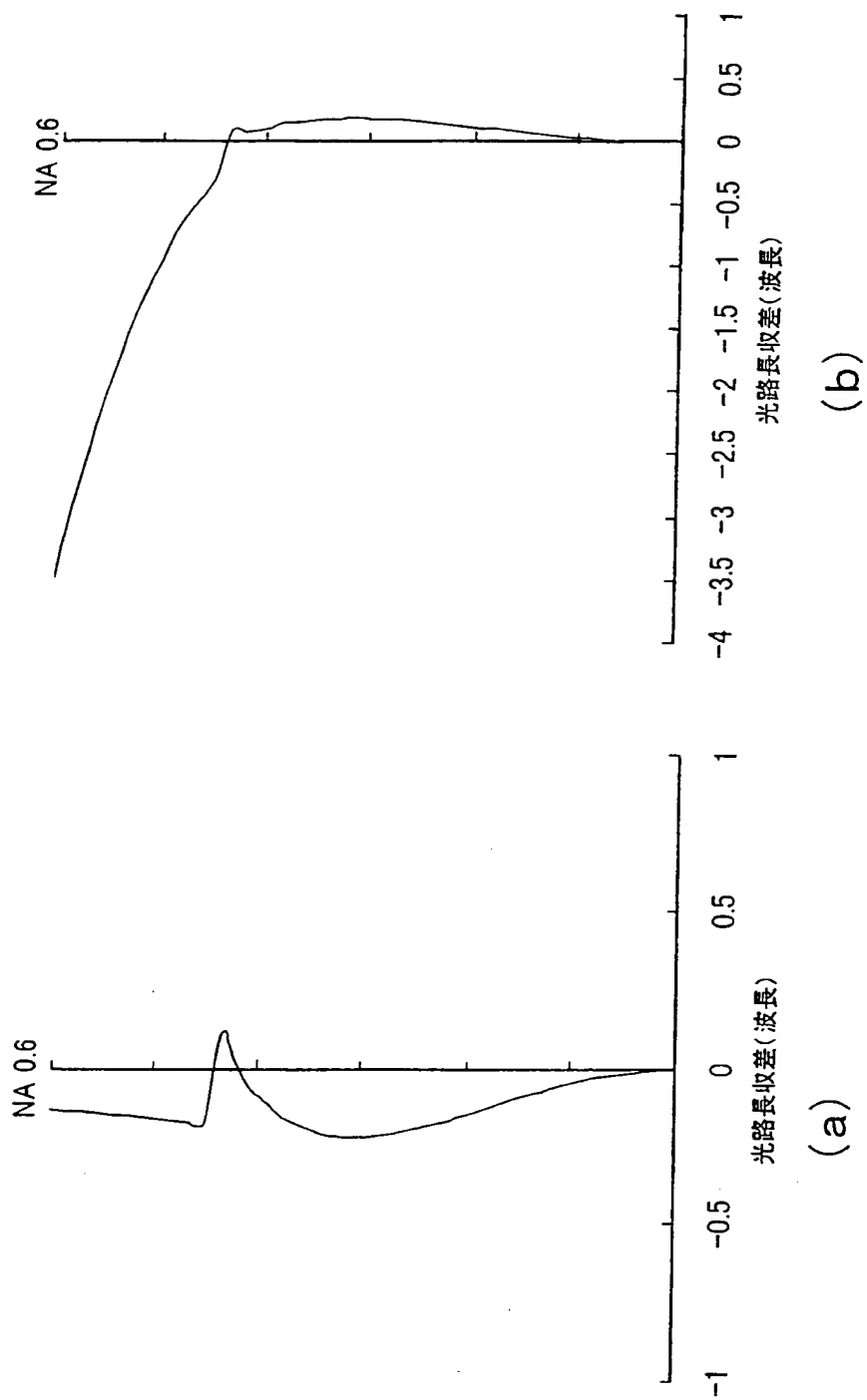


FIG. 9



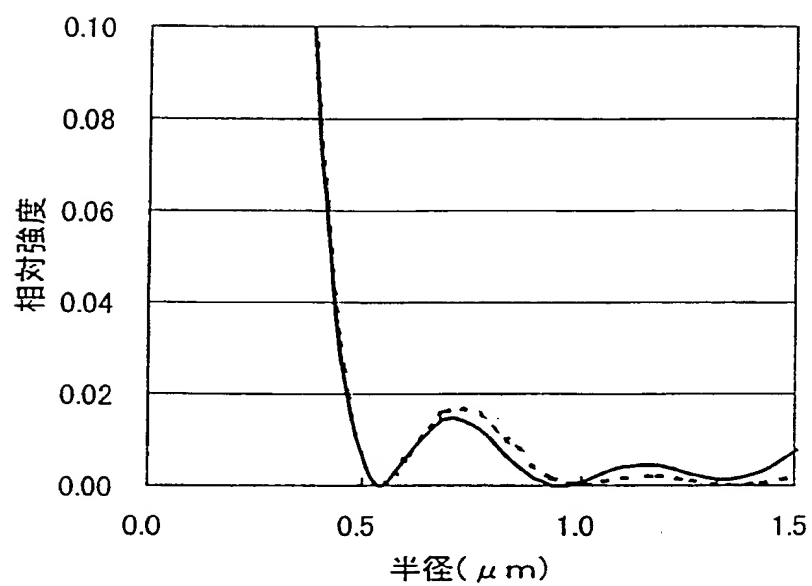


FIG. 10



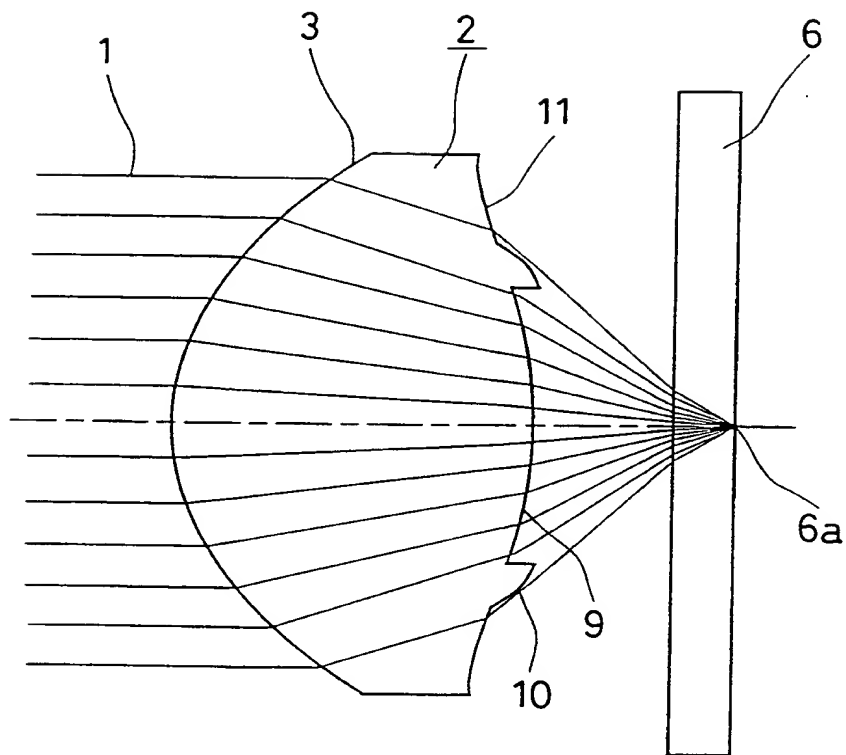


FIG. 11



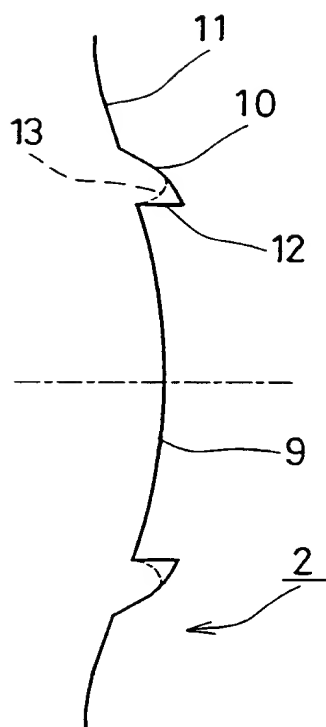


FIG. 12



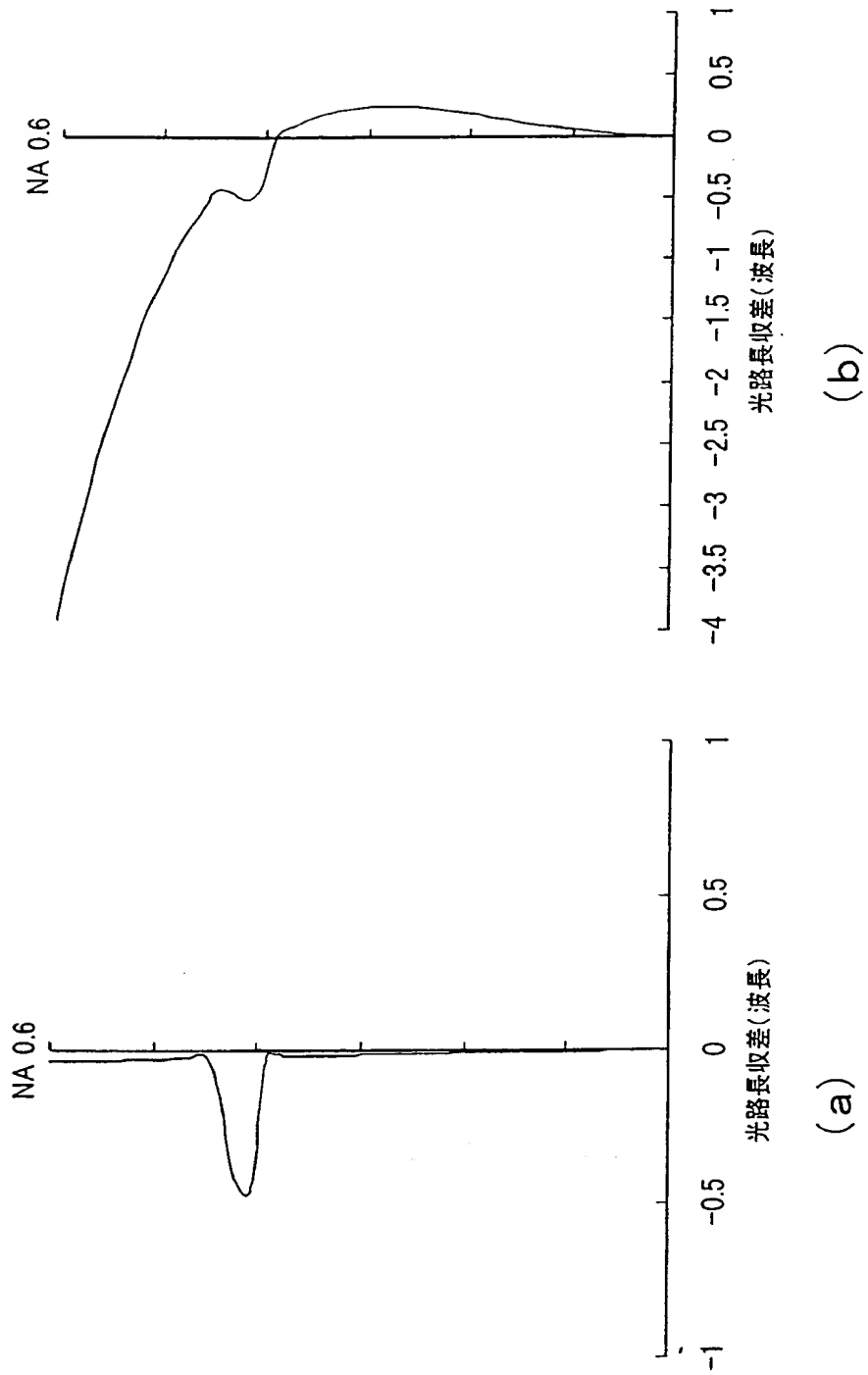


FIG. 13



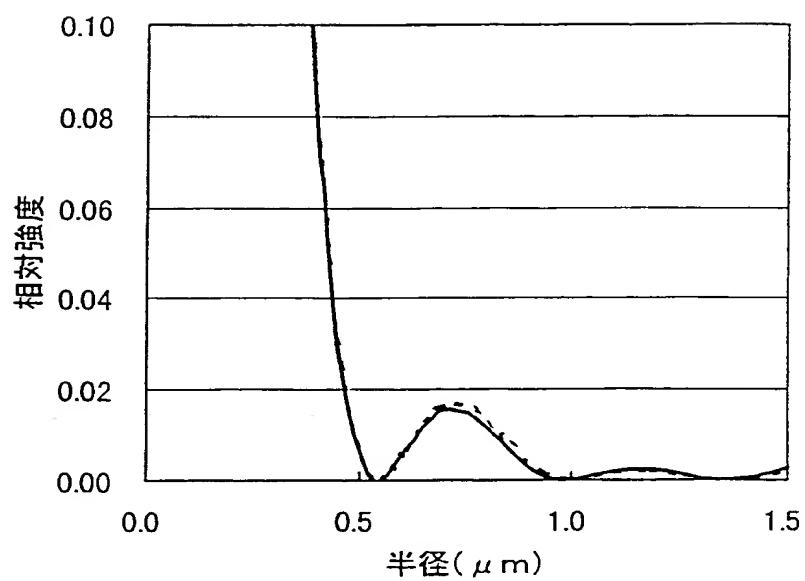


FIG. 14



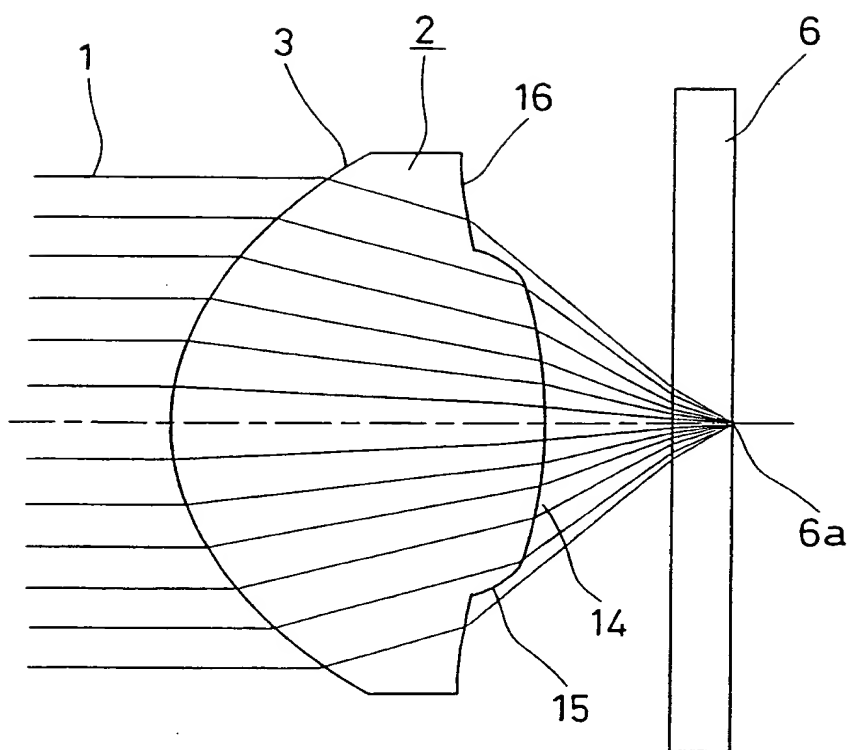


FIG. 15



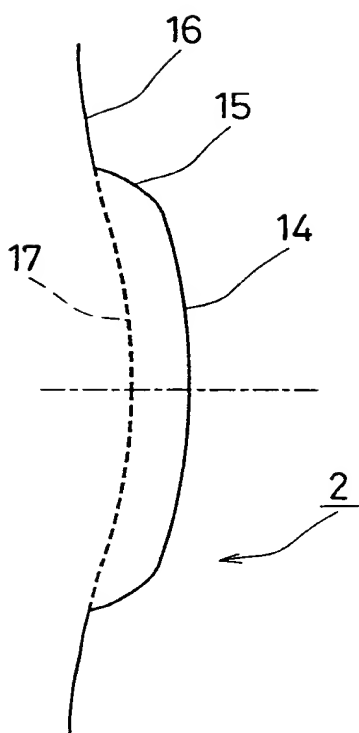


FIG. 16



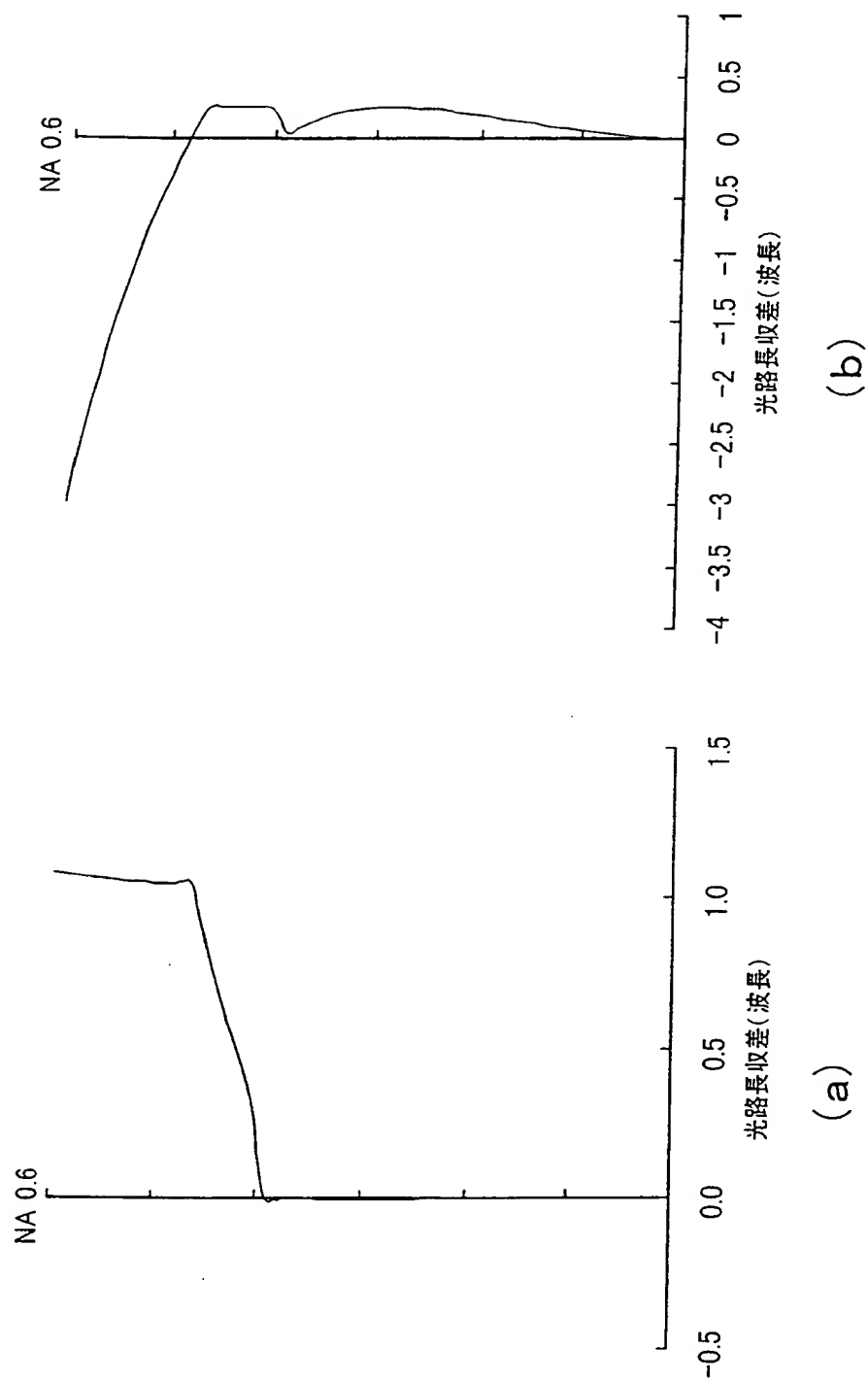


FIG. 17



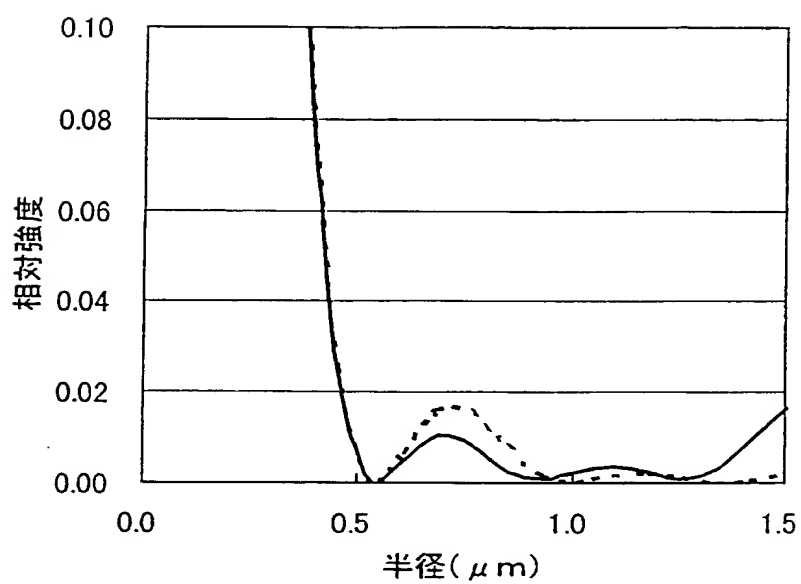


FIG. 18



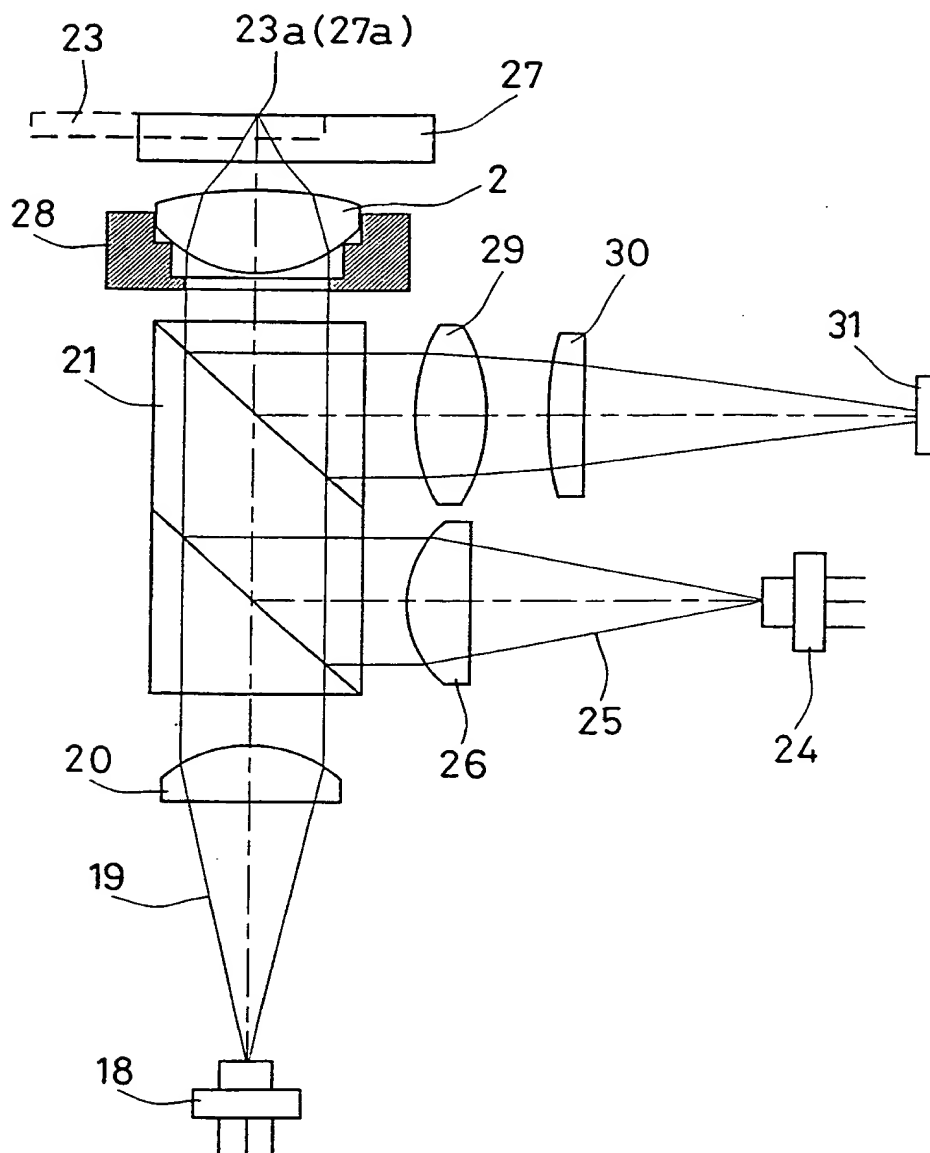


FIG. 19



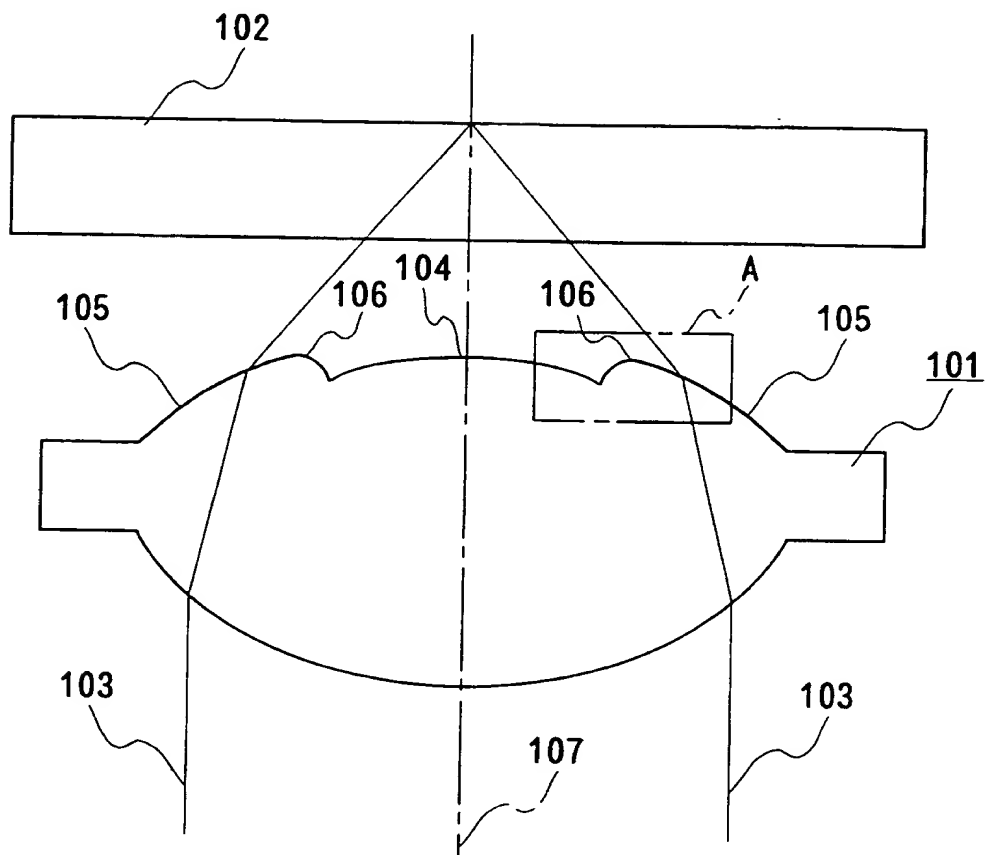


FIG. 20



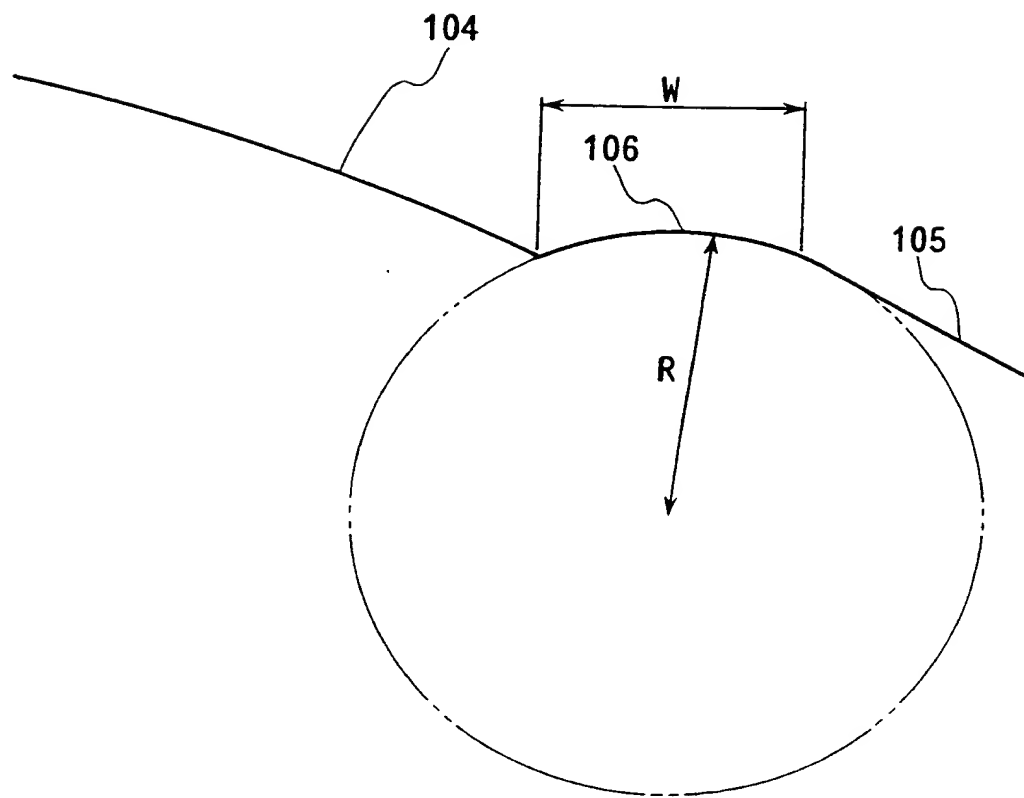


FIG. 21



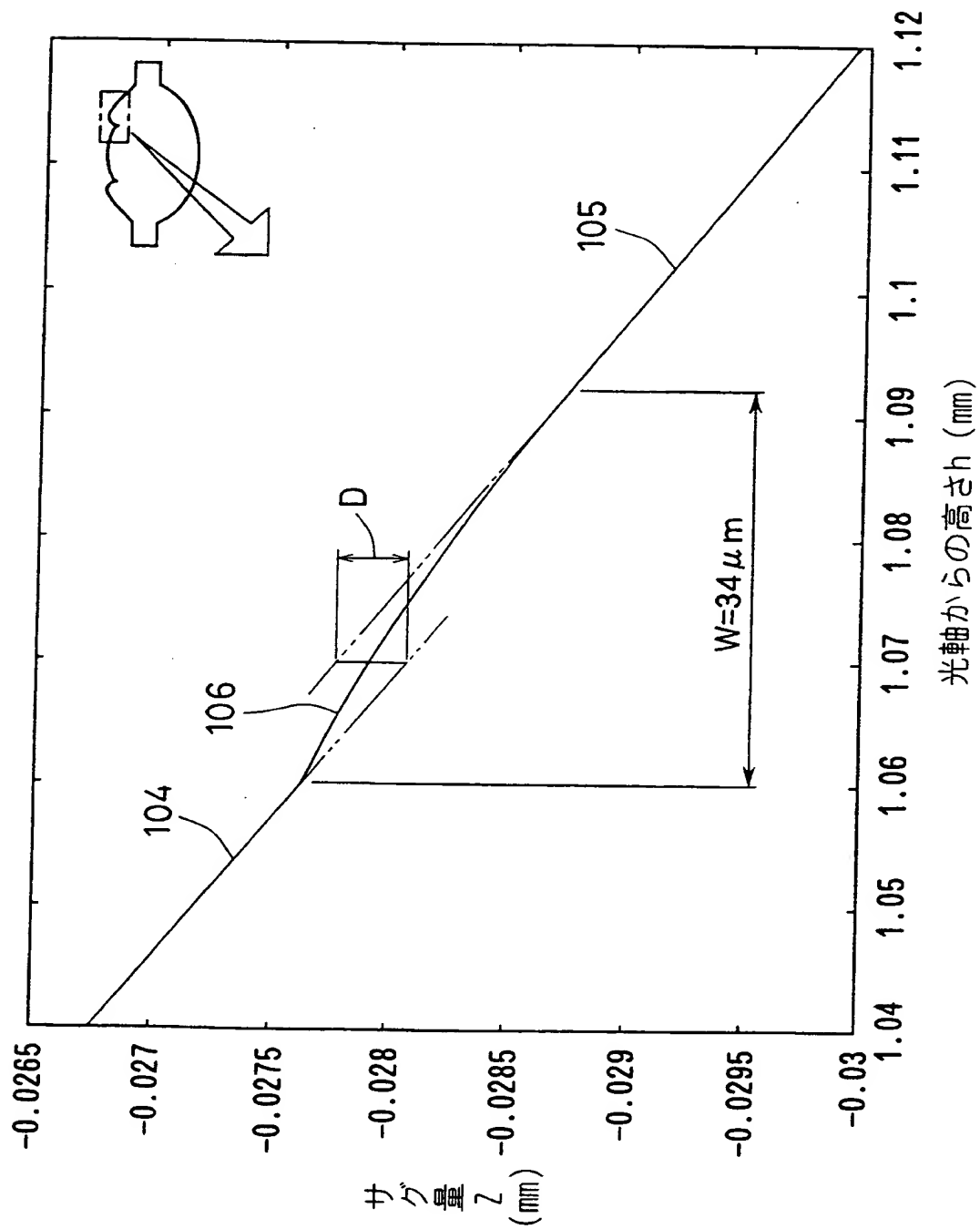


FIG. 22



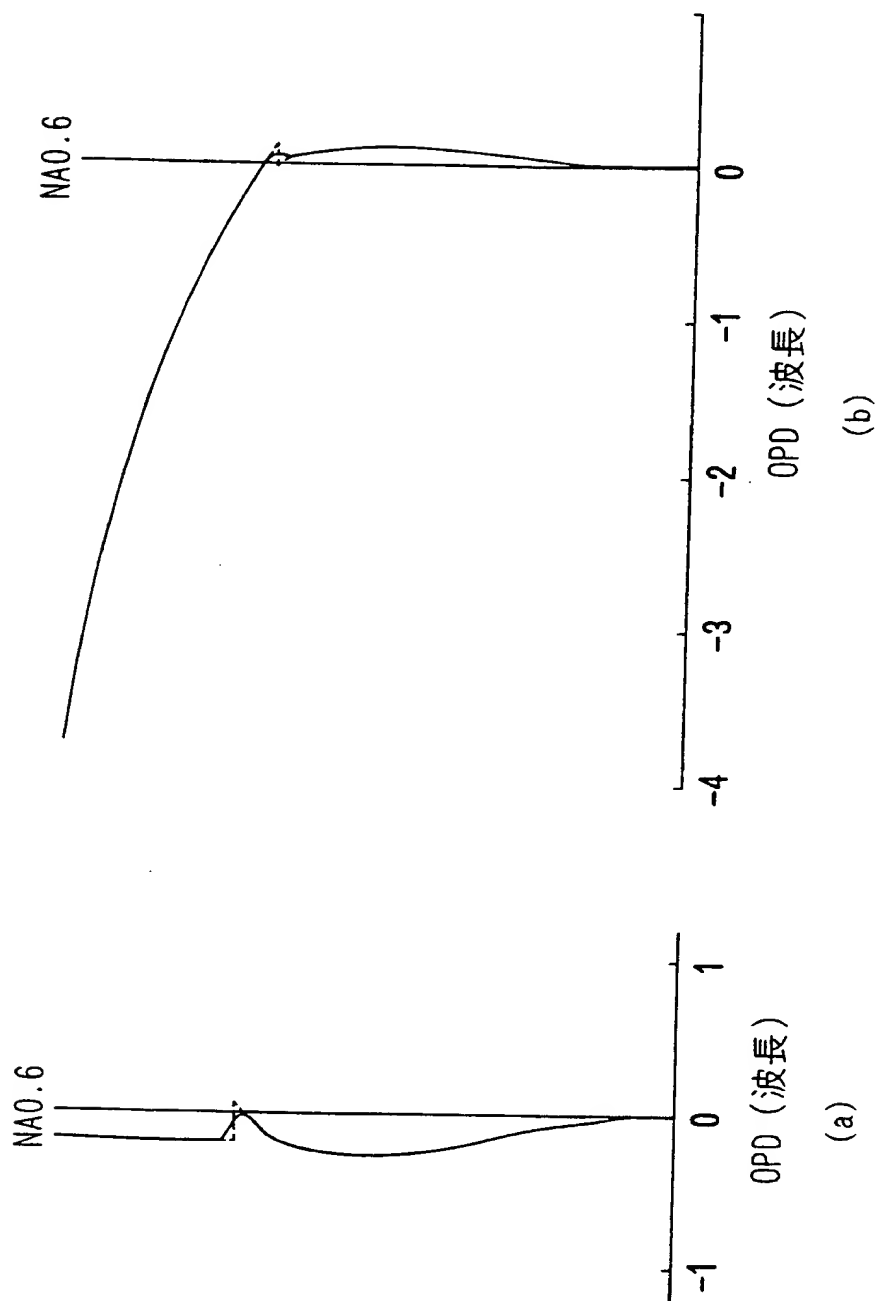


FIG. 23



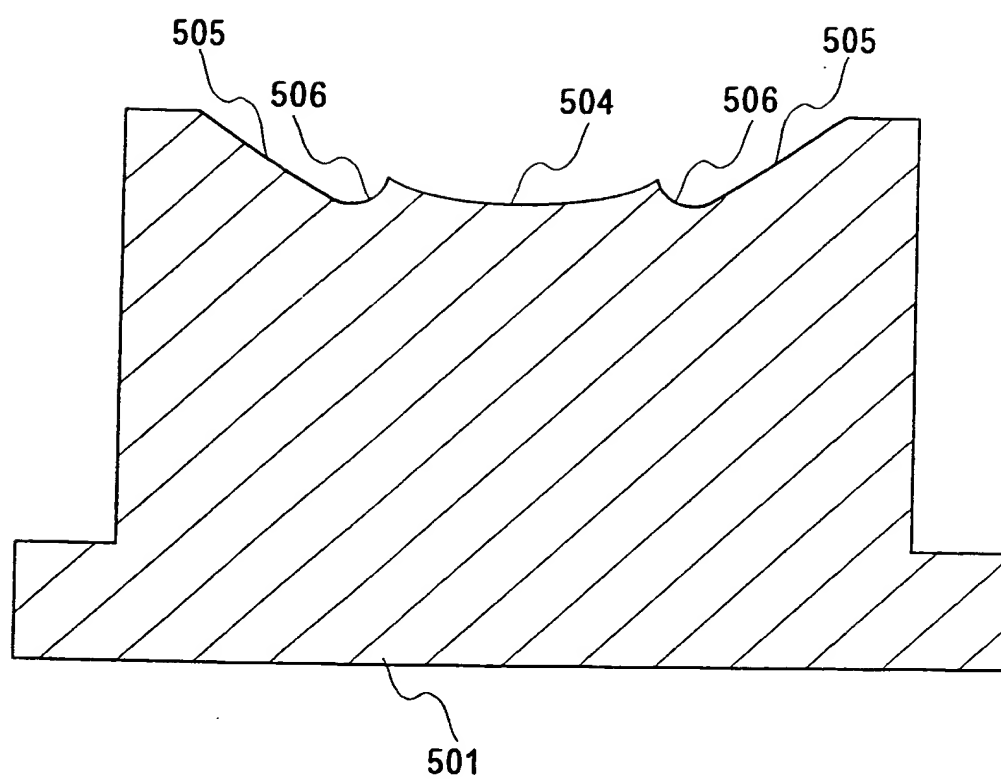


FIG. 24



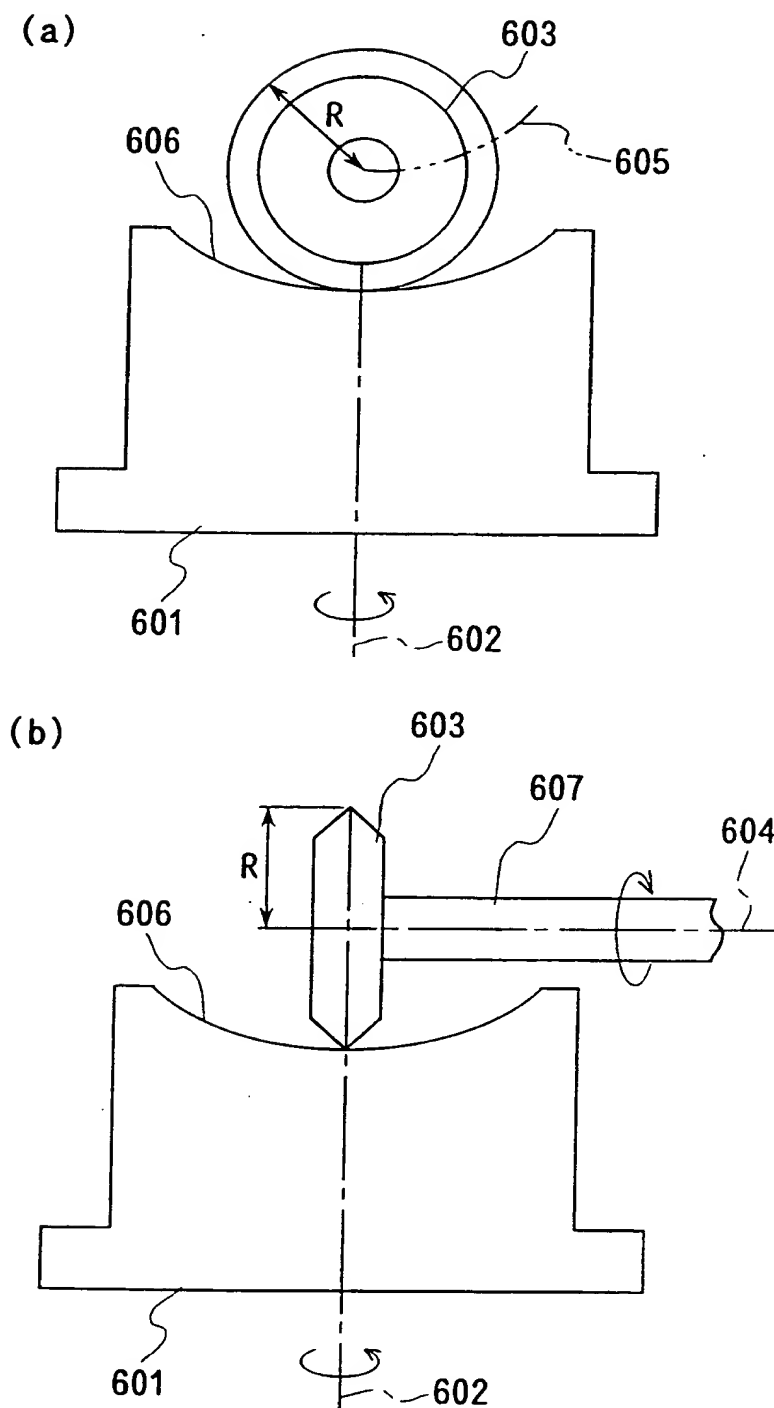


FIG. 25



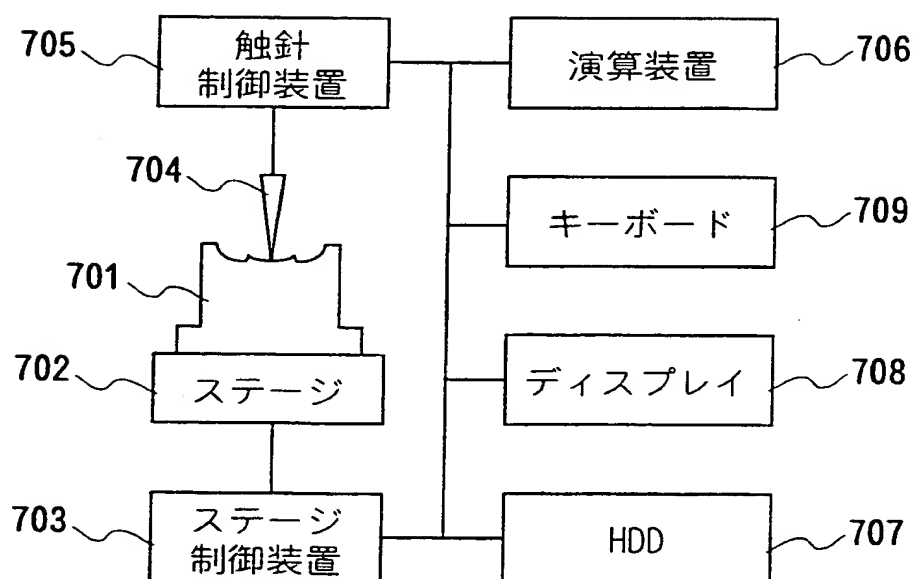


FIG. 26



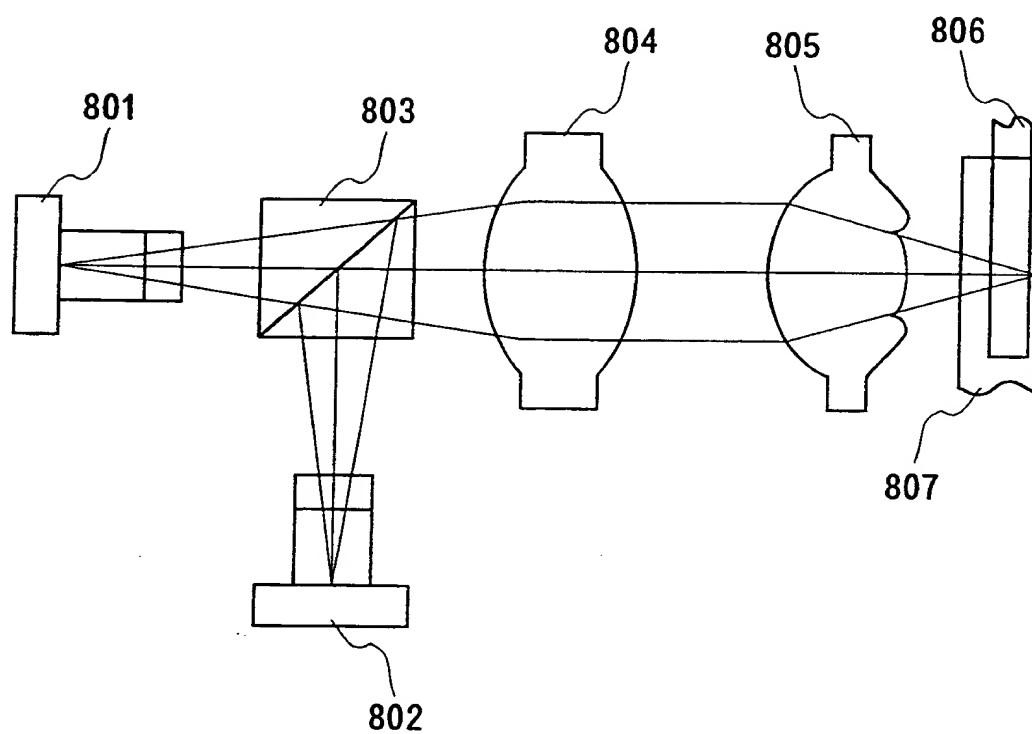


FIG. 27



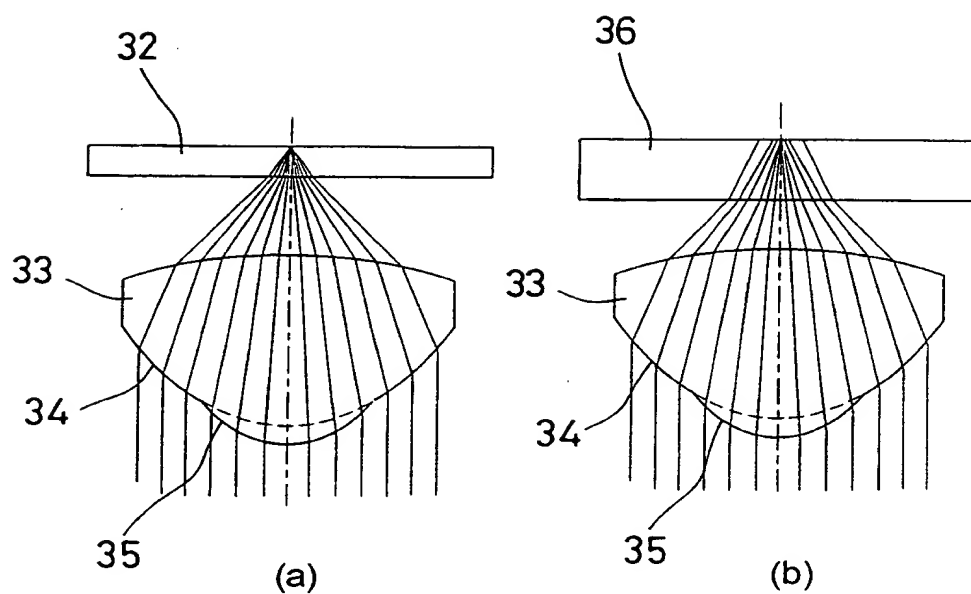


FIG. 28



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04076

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02B13/00, G02B13/18, G11B7/135, G01B21/20, C03B11/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02B13/00, G02B13/18, G11B7/135, G01B21/20, C03B11/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinsn Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US, 5889748, A (Hitachi Ltd.), 30 March, 1999 (30.03.99), Full text; all drawings	1-6, 19, 20
Y	Full text; all drawings & JP, 9-184975, A, Full text; all drawings	7-11, 12-18, 21-31
Y	JP, 9-197108, A (Konica Corp.), 31 July, 1997 (31.07.97), Full text; all drawings (Family: none)	1-31
Y	JP, 10-143905, A (Konica Corp.), 29 May, 1998 (29.05.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-31
Y	US, 5986993, A (Samsung Electronics Co., Ltd.), 16 November, 1999 (16.11.99), Full text; all drawings & JP, 9-198700, A, Full text; all drawings & GB, 2309119, A & DE, 19700673, A1 & FR, 2743660, A1 & NL, 1004964, C2 & KR, 97060105, A	1-31

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
03 October, 2000 (03.10.00)

Date of mailing of the international search report
10 October, 2000 (10.10.00)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04076

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP, 9-145995, A (Konica Corp.), 06 June 1997 (06.06.97), Full text; all drawings Full text; all drawings (Family: none)	7-13, 19, 20 14-18, 21-31
Y	EP, 721124, A2 (Matsushita Elec. Ind. Co., Ltd.) 10 July, 1996 (10.07.96), Full text; all drawings & JP, 8-179198, A Full text; all drawings & US, 5684641, A	21-31
PX PY	JP, 2000-28918, A (Konica Corp.) 28 January, 2000 (28.01.00) Full text; all drawings Full text; all drawings (Family: none)	21, 23-31 1-20, 22
Y	EP, 81781 A2 (Konica Corp.), 14 January, 1998 (14.01.98) Full text; all drawings & JP, 10-26726, A, Full text; all drawings & US, 5883747, A & KR, 98011146, A	1-31
Y	EP, 874359, A, (Konica Corp.), 28 October, 1998 (28.10.98), Full text; all drawings & JP, 11-86319, A, Full text; all drawings & KR, 98081548, A	1-31
Y	JP, 10-289464, A, (Sharp Corporation) 27 October, 1998 (27.10.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-31
Y	JP, 5-97450, A, (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 20 April, 1993 (20.04.93), Full text; all drawings (Family: none)	29-31
Y	JP, 6-256025, A, (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 13 September, 1994 (13.09.94) Full text; all drawings (Family: none)	29-31
Y	JP, 8-257886, A ((Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 08 October, 1996 (08.10.96) Full text; all drawings (Family: none)	29-31

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04076

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The technical feature of the inventions of claims 1-6 relates to an objective for optical disks comprising a single bi-aspherical lens and used for first and second optical disk substrates having different thicknesses, wherein one of the aspherical faces has two areas: an inner area inside a circular opening the center of which is the optical axis and an outer area outside the inner area.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☒ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04076

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet (1)

The technical feature of the inventions of claims 7-11 relates to an objective for optical disks comprising a single bi-aspherical lens and used for first and second optical disk substrates having different thicknesses, wherein one of the aspherical faces has three areas: an inner area inside an circular opening the center of which is the optical axis, an intermediate area disposed outside the inner area and surrounded by another circular opening outside the former circular opening, and an outer area outside the intermediate area, and wherein the intermediate area is for correcting the spherical aberration of an optical disk substrate having a thickness larger than those of the first and second optical disk substrate.

The technical feature of the inventions of claims 12-18 relates to an objective for optical disks comprising a single bi-aspherical lens and used for first and second optical disk substrates having different thicknesses, wherein one of the aspherical faces has three areas: an inner area inside an circular opening the center of which is the optical axis, an intermediate area disposed outside the inner area and surrounded by another circular opening outside the former circular opening, and an outer area outside the intermediate area, and wherein the intermediate area is for correcting the spherical aberration of an optical disk t5.

The technical feature of the invention of claim 19 relate to an optical head device comprising two light sources, light beam separating means for separating two light beams emanating from the two light sources, passing through first and second optical disk substrates having thicknesses corresponding to the respective light sources, and modulated by information medium, and light-receiving means for receiving the light beams modulated by the information medium, wherein the focusing means is an objective for optical disks according to any one of claims 1, 7, and 12.

The invention of claim 20 relates to the idea of applying an optical head device of claim 19 to an optical information recording/reproducing apparatus.

The technical feature of the inventions of claims 21-28 relates to an objective for optical disks comprising a single glass lens and used for first and second optical disk substrates having different thicknesses, wherein at least one of the faces is divided into at least three areas by concentric circles the center of which is the optical axis, the first area containing the optical axis and the outermost second area are rotationally-symmetric aspherical surfaces, and the third area between the first and second areas is a toric surface the rotation axis of which is the optical axis.

The technical feature of the inventions of claims 29-31 relates to a mold for forming a lens, wherein the lens molding face is divided into at least three areas by concentric circles the center of which is the optical axis, and wherein the first area containing the optical axis and the outmost second area are rotationally-symmetric aspherical surfaces, and the third area between the first and second areas a toric surface the rotation axis of which is the optical axis.

The technical feature of the inventions of claims 32-34 relates to a method of grinding by using a diamond grindstone a mold for forming a lens in which the lens molding face is divided into at least three areas by concentric circles the center of which is the optical axis, the first area containing the optical axis and the outmost second area are rotationally-symmetric aspherical surfaces, and the third area between the first and second areas is a toric surface the rotation axis of which is the optical axis, wherein the radius of the diamond grindstone used for grinding is equal to or smaller than the radius of curvature of the toric surface.

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet (1)

The invention of claim 35 relates to a shape measuring instrument involving a technical feature of comprising a precision stage, a control device for the precision stage, length measuring means, means for inputting designed shape data, and means for outputting the difference between the designed shape data and measured data.

However, the inventions of claims 1-6 and those of claims 7-11 and 12-18 are different in number of areas into which the lens face is divided. The inventions of claims 7-11 and those of claims 12-18 are different in the prescription of the thickness of the substrate optimizing the spherical aberration in the intermediate area although the number of areas into which the lens face is divided is the same.

Therefore, since the idea of constituting an objective for optical disks of an aspherical lens, the idea of dividing the lens face into a plurality of areas correspondingly to the different thicknesses of optical disks for focusing light, and the idea of limiting the number of area to two or three are all well-known arts (For example, see JP, 9-184975, A (Hitachi Ltd.), 15 July, 1997 (15. 07.97); and JP, 11-86319, A (Konica Corp.) A, 30 March, 1999 (30. 03. 99)), the inventions of claims 1-6, 7-11, 12-18 involve no common technical matters to be considered to be special technical features in the sense of PCT Rule 13.2. Further the inventions of claims 19, 20 referring to claims 1, 7, 12 do not involve any common technical matter considered to be special technical feature common to those of the inventions mentioned above, and the technical matters specified in claims 19, 20 are not special technical features as an optical head device and optical information recording/reproducing apparatus. Therefore since these constitutions have been well known, these groups of inventions are not so linked as to form a single general inventive concept.

The technical feature of the inventions of claims 21-28 relates to an objective for optical disks the lens face of which is divided into at least three areas by concentric circles, wherein the second area between the first area including the optical axis and the outermost third area has a toric surface. Therefore the inventions of claims 21-28 include no common technical matters considered to be special technical features with respect to the invention of any of the claims before the claims 21.

The special technical feature of the inventions of claims 29-31 is the same as that of claims 21-28. However, the technical feature of the inventions of claims 32-34 relates to the idea of specifying the relationship between the radius of curvature of a toric surface and the radius of a diamond grindstone and is not the same as that of the inventions of claims 21-28, 29-31.

The invention of claim 35 relates to a shape measuring instrument. The designed shape data itself is an arbitrary matter inputted from external, and the shape measuring instrument itself does not involve a special novel technical matter. Therefore the special technical feature of the invention of claim 35 is not common to that of the inventions of claims 21-28, 29-31.

As mentioned above, there is no common technical matters considered to be special technical features in the sense of PCT Rule 13.2 in the inventions of claims 1-6, 7-11, 12-18, 19, 20, 21-31, 32-34, 35, and therefore these groups of inventions are not so linked as to form a single general inventive concept.

Therefore the groups of inventions do not fulfill the requirement of unity of invention.



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B13/00, G02B13/18, G11B7/135, G01B21/20
C03B11/08

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G02B13/00, G02B13/18, G11B7/135, G01B21/20
C03B11/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2000年
日本国登録実用新案公報	1994-2000年
日本国実用新案登録公報	1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	US, 5889748, A (HITACHI LTD) 30. 3月. 1999 (30. 03. 99) 全文、全図 " & JP, 9-184975, A, 全文、全図	1-6, 19, 20 7-11, 12-18, 21-31

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03. 10. 00

国際調査報告の発送日

10.10.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森内 正明 印

2V

9222

電話番号 03-3581-1101 内線 3269

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP, 9-197108, A (コニカ株式会社) 31. 7月. 1997 (31. 07. 97) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-31
Y	JP, 10-143905, A (コニカ株式会社) 29. 5月. 1998 (29. 05. 98) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-31
Y	US, 5986993, A (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 16. 11月. 1999 (16. 11. 99) 全文、全図 & JP, 9-198700, A, 全文、全図 & GB, 2309119, A & DE, 19700673, A1 & FR, 2743660, A1 & NL, 1004964, C2 & KR, 97060105, A	1-31
X Y	JP, 9-145995, A (コニカ株式会社) 6. 6月. 1997 (06. 06. 97) 全文、全図 " (ファミリーなし)	7-13, 19, 20 14-18, 21-31
Y	EP, 721124, A2 (MATSUSHITA ELEC IND CO LTD) 10. 7月. 1996 (10. 07. 96) 全文、全図 & JP, 8-179198, A, 全文、全図 & US, 5684641, A	21-31
PX PY	JP, 2000-28918, A (コニカ株式会社) 28. 1月. 2000 (28. 01. 00) 全文、全図 " (ファミリーなし)	21, 23-31 1-20, 22
Y	EP, 818781, A2 (KONICA CORP) 14. 1月. 1998 (14. 01. 98) 全文、全図 & JP, 10-26726, A, 全文、全図 & US, 5883747, A & KR, 98011146, A	1-31

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	EP, 874359, A (KONICA CORP) 28. 10月. 1998 (28. 10. 98) 全文、全図 & JP, 11-86319, A, 全文、全図 & KR, 98081548, A	1-31
Y	JP, 10-289464, A (シャープ株式会社) 27. 10月. 1998 (27. 10. 98) 全文、全図 (ファミリーなし)	1-31
Y	JP, 5-97450, A (松下電器産業株式会社) 20. 4月. 1993 (20. 04. 93) 全文、全図 (ファミリーなし)	29-31
Y	JP, 6-256025, A (松下電器産業株式会社) 13. 9月. 1994 (13. 09. 94) 全文、全図 (ファミリーなし)	29-31
Y	JP, 8-257886, A (松下電器産業株式会社) 8. 10月. 1996 (08. 10. 96) 全文、全図 (ファミリーなし)	29-31

第 I I 欄の続き

請求の範囲 7-11 の発明は、両面非球面の単レンズからなり、厚みの異なる第 1 及び第 2 の光ディスク基板に用いる光ディスク用対物レンズにおいて、一方の非球面が光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内周領域よりも外側で前記円形開口よりも外側の別の円形開口に囲まれた中間領域と前記中間領域よりも外側の外周領域の 3 つの領域からなる対物レンズにおいて、前記中間領域が第 1 及び第 2 の光ディスク基板のいずれよりも厚みの大きい光ディスク基板に対して球面収差を補正する点を技術的特徴とするものである。

請求の範囲 12-18 の発明は、両面非球面の単レンズからなり、厚みの異なる第 1 及び第 2 の光ディスク基板に用いる光ディスク用対物レンズにおいて、一方の非球面が光軸を中心とする円形開口の内側の内周領域と前記内周領域よりも外側で前記円形開口よりも外側の別の円形開口に囲まれた中間領域と前記中間領域よりも外側の外周領域の 3 つの領域からなる対物レンズにおいて、前記中間領域が光ディスク基板 t 5 に対して球面収差を補正する点を技術的特徴とするものである。

請求の範囲 19 の発明は、2 つの光源と、前記 2 つの光源から出射した光線をそれぞれの光源に対応した厚みの第 1 及び第 2 の光ディスク基板を通して情報媒体で変調された光束を分離するための光束分離手段と、前記情報媒体で変調された光を受光する受光手段とを備えた光ヘッド装置であって、前記集光手段が請求の範囲 1, 7, 12 にいずれか記載の光ディスク用対物レンズ点を技術的特徴とするものである。

請求の範囲 20 の発明は請求の範囲 19 に記載の光ヘッド装置を光学情報記録再生装置に適用した点が記載されている。

請求の範囲 21-28 の発明は、ガラス製の単レンズからなり、厚みの異なる第 1 及び第 2 の光ディスク基板に用いる光ディスク用対物レンズにおいて、少なくとも一方の面が光軸を中心とする同心円によって少なくとも 3 つの領域に分割され、前記 3 つの領域のうち、光軸を含む第 1 の領域と最も外周部の第 2 の領域とが回転対称非球面であり、前記第 1 の領域と第 2 の領域に挟まれる前記第 3 の領域が光軸を回転中心軸とするトーリック面である点を技術的特徴とするものである。

また、請求の範囲 29-31 の発明は、レンズ成型用の金型であって、レンズ成型面が、光軸を中心とする同心円によって少なくとも 3 つの領域に分割され、前記 3 つの領域のうち、光軸を含む第 1 の領域と最も外周部の第 2 の領域とが回転対称非球面であり、前記第 1 の領域と第 2 の領域に挟まれる前記第 3 の領域が光軸を回転中心軸とするトーリック面である点を技術的特徴とするものである。

また、請求の範囲 32-34 の発明は、レンズ成型用金型の加工方法であって、レンズ成型面が、光軸を中心とする同心円によって少なくとも 3 つの領域に分割され、前記 3 つの領域のうち、光軸を含む第 1 の領域と最も外周部の第 2 の領域とが回転対称非球面であり、前記第 1 の領域と第 2 の領域に挟まれる前記第 3 の領域が光軸を回転中心軸とするトーリック面であるレンズ成型用金型をダイヤモンド砥石を用いて研削加工をするレンズ成型用金型の加工方法であって、研削加工に用いるダイヤモンド砥石の半径が前記トーリック面の曲率半径と同一か、これよりも小さく点を技術的特徴とするものである。

また、請求の範囲 35 の発明は、形状計測装置の発明であって、精密ステージと、前記精密ステージの制御装置と、測長手段と、設計形状データの入力手段と、前記設計形状データと測定データとの差を出力する手段とを備える点を技術的特徴とする発明である。

しかしながら、請求の範囲 1-6 の発明と請求の範囲 7-11, 12-18 の発明とでは、レンズ面を区分けする領域の数が異なるものであり、また、請求の範囲 7-11, 12-18 の発明との間では、レンズ面を区分けする領域の数は共通しているものの、中間領域における球面収差を最適化する基板の厚みの規定が異なるものである。

第 I I 欄

よって、光ディスク用対物レンズにおいて、非球面レンズで構成する点、集光する光ディスク基板の厚みが異なることに対応してレンズ面を複数領域で区分けする点、その領域の数を2つあるいは3つにて構成する点自体は従来から知られている技術であるので（例として、JP, 9-184975, A（株式会社日立製作所）, 15. 7月. 1997（15. 07. 97）, JP, 11-86319, A（コニカ株式会社）, A, 30. 3月. 1999（30. 03. 99）を参照）、前記請求の範囲1-6、7-11、12-18の発明同士はPCT規則13. 2の意味において特別な技術的特徴と考えられる共通事項は存在しない。また、請求の範囲1, 7, 12を引用する請求の範囲19, 20も前述の通り引用する請求の範囲同士で特別な技術的特徴と考えられる共通事項はなく、それ以外において請求の範囲19, 20において特定している事項は、光ヘッド装置、光学情報記録再生装置としては格別の技術的特徴はなく、従来からよく知られた構成であるので、これらは単一の一般的発明概念を形成するように連関している一群の発明であるとはいえない。

また、請求の範囲21-28の発明は光ディスク用対物レンズにおいてレンズ面を同心円によって少なくとも同心円によって、少なくとも3つの領域に分割したとき光軸を含む第1の領域と最外周部の第3の領域の間にある第2の領域がトーリック面を有する点を技術的特徴とするものであり、それ以前の請求の範囲の群といずれの関係においても特別な技術的特徴と考えられる共通事項は存在していない。

また、請求の範囲29-31は前記請求の範囲21-28と同じ特別な技術的特徴を持つと考えられるが、請求の範囲32-24は、トーリック面の曲率半径とダイヤモンド砥石の半径の関係を特定する点を技術的特徴としているものであり、請求の範囲21-28, 29-31と同じ特別な技術的特徴を有する関係にあるとは認められない。

また、請求の範囲35は形状計測装置の発明であって、設計形状データ自体は外部から入力する任意事項であって、形状計測装置それ自体としては特に新規な技術的事項はないので、これも請求の範囲21-28, 29-31との間で共通する特別な技術的特徴を有する関係にあるとえない。

以上であるから、請求の範囲1-6, 7-11, 12-18, 19, 20, 21-31, 32-34, 35の発明の群同士で、PCT規則13. 2の意味において特別な技術的特徴と考えられる共通事項は存在してなく、前記発明の群は、単一の一般的発明概念を形成するように連関している一群の発明であるとはいえない。

したがって、前記発明の群同士は単一性を満足する関係であるとはいえない。

THIS PAGE BLANK (USPTO)